



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SAN LORENZO (GIJÓN)

AUTOR:

JESÚS FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

DIRECTORES:

RAÚL MEDINA SANTAMARÍA
AMADOR GAFO ÁLVAREZ

SANTANDER, SEPTIEMBRE 2019

RESUMEN DEL PROYECTO

1. DATOS BÁSICOS

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER:

PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SAN LORENZO (GIJÓN)

AUTOR:

JESÚS FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

DIRECTORES:

RAÚL MEDINA SANTAMARÍA

AMADOR GAFO ÁLVAREZ

CONVOCATORIA:

SEPTIEMBRE 2019

PALABRAS CLAVE:

*ESTABILIZACIÓN, REGENERACIÓN, PLAYA, DRAGADO, VERTIDO, ARENA, GIJÓN,
SAN LORENZO, INGENIERÍA, COSTAS*

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto presentado se ha desarrollado como Trabajo Fin de Máster, requisito indispensable para la obtención del título correspondiente al Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos impartido por la homónima Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander, integrada dentro de la Universidad de Cantabria.

La redacción de este trabajo se ha realizado de acuerdo con la normativa vigente, y bajo la dirección y tutela de los profesores D. Raúl Medina Santamaría y D. Amador Gafo Álvarez.

3. EMPLAZAMIENTO

La playa de San Lorenzo se localiza en la ciudad costera de Gijón perteneciente a la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, situada al norte de la Península Ibérica a orillas del Mar Cantábrico, siendo una de las cinco playas urbanas del municipio. Esta playa está ubicada en pleno casco urbano de Gijón y constituye el fondo de saco de una ensenada que se extiende entre el Cerro de Santa Catalina (istmo de Cimadevilla) al oeste, y la punta del Cervigón (junto a la desembocadura del río Piles), al este. El frente de la playa está sensiblemente orientado al N-NE, y presenta una longitud variable, que habitualmente se sitúa entre los 500 m y los 1.500 m, dependiendo de si está en pleamar o en bajamar.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2005 se iniciaron las obras para aumentar la superficie disponible del Puerto de Gijón, ampliando la capacidad operacional del mismo, mediante la ejecución de un nuevo dique de abrigo formado por tres tramos, el Dique Torres, el Dique Norte, y el Contradique. En la Declaración de Impacto Ambiental de dicho proyecto se indicaba que los resultados de los estudios de dinámica litoral predecían, como consecuencia de dicha ampliación, un basculamiento de la playa de San Lorenzo, con pérdida de arena en la parte oriental de la misma y aumento de anchura en la zona de Santa Catalina. Por lo que se establecía la obligatoriedad de elaborar un proyecto de regeneración para proponer una forma en planta como consecuencia de la ampliación.

La Autoridad Portuaria encargó en 2004 a la Universidad de Cantabria la elaboración del “Estudio de regeneración de la playa de San Lorenzo” que sirvió de base para el primer proyecto de construcción. Sin embargo, en 2009 se constató que el banco de sedimentos planteado en la solución no era válido, por lo que el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria elaboró un “Informe sobre el estado actual y evolución de la playa de San Lorenzo tras las obras de ampliación del Puerto de Gijón y propuesta de regeneración” a petición de la Autoridad Portuaria, en el que se basó el siguiente proyecto de regeneración. Tras iniciar el dragado de la nueva zona indicada se verificó que la granulometría no era la adecuada por lo que se abandonó la idea de utilizarla.

Tras finalizar la ampliación del puerto de El Musel, la Autoridad Portuaria solicitó en el año 2012 al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente la exoneración de la obligatoriedad de ejecutar la regeneración de la playa, que fue rechazada. En los años posteriores no se realizó ningún aporte debido a las dificultades de encontrar un yacimiento compatible y la playa se vio afectada por los temporales de 2013, 2014, 2016 y 2018, lo que llevó a ejecutar trasvases de arena entre zonas del arenal para recuperar parte de la playa seca.

En el año 2018 la Universidad de Oviedo recibió el encargo de la Autoridad Portuaria de localizar un yacimiento compatible para la regeneración de la playa. Los resultados de esta investigación se plasmaron en el “Estudio de los yacimientos de arenas para la regeneración de la playa de San Lorenzo”, donde se indicaba el hallazgo de dos zonas con sedimentos que podrían emplearse en la estabilización de la playa.

5. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Para definir la solución óptima para la estabilización de la playa de San Lorenzo se han definido y comparado tres alternativas:

- Alternativa 0: Conllevaría no realizar ninguna actuación sobre el arenal, permitiendo que la dinámica litoral actúe modificando el perfil y la planta de la playa de forma natural, adaptándose continuamente a las condiciones de oleaje
- Alternativa 1: Consistiría en el aporte de sedimento al arenal, desplazando la línea de costa 15 metros mar adentro y aumentando en un metro la cota de la playa seca
- Alternativa 2: Supondría la ejecución de un dique rebasable en el Cerro de Santa Catalina, en el extremo occidental de la playa, alineado aproximadamente hacia el este y con una longitud estimada de 200 m.

Tras evaluar las ventajas y desventajas de cada una de las opciones, se ha considerado que la mejor entre ellas es la Alternativa 1, consistente en el vertido y extendido de un volumen de 106.010,080 m³ de material dragado de la zona designada en el estudio del IH Cantabria de 2009 ($D_{50}=0,39$ mm), tras descartar los yacimientos del estudio de la Universidad de Oviedo por ser más finos que la arena nativa. Se ha considerado que el plazo de ejecución de estos trabajos será de SIETE MESES (7 meses).

6. PRESUPUESTO

Además del presupuesto relativo al dragado y al vertido de arena, se han considerado los costes correspondientes a la seguridad y salud, a la gestión de los residuos, a la vigilancia ambiental y a limpieza y terminación de la obra. Con todo esto asciende el **Presupuesto de Ejecución Material (PEM) a DOS MILLONES CIENTO OCHENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS (2.187.838,28 €)**. Sumando los Gastos Generales (13%) y el Beneficio Industrial (6%) y aplicando el correspondiente IVA (21%), se obtiene que el **Presupuesto Base de Licitación (PBL) alcanza los TRES MILLONES CIENTO CINCUENTA MIL DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS (3.150.268,34 €)**. En el caso contemplado no se producen expropiaciones ni existen servicios afectados u otros costes para la Administración, por lo que el Presupuesto para Conocimiento de la Administración coincide con el Presupuesto Base de Licitación indicado anteriormente.

7. CONCLUSIONES

Por todo lo expuesto en la Memoria y sus Anejos, los Planos, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Presupuesto, se considera suficientemente justificado y redactado el *“Proyecto de estabilización de la playa de San Lorenzo (Gijón)”*.

Con cuanto antecede, se da por finalizado el presente Trabajo Fin de Máster y, por lo tanto, se eleva al Tribunal para su aprobación y calificación, si procede.

ABSTRACT OF PROJECT

1. BASIC DATA

TITLE OF END OF MASTER'S DEGREE PROJECT:

PROJECT FOR THE STABILIZATION OF THE SAN LORENZO BEACH (GIJÓN)

AUTHOR:

JESÚS FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

DIRECTORS:

RAÚL MEDINA SANTAMARÍA

AMADOR GAFO ÁLVAREZ

CALL:

SEPTEMBER 2019

KEY WORDS:

*STABILIZATION, REGENERATION, BEACH, DREDGING, NOURISHMENT, SAND,
GIJÓN, SAN LORENZO, ENGINEERING, COASTAL*

2. INTRODUCTION

The project presented has been developed as the End of Master's Degree Project, essential requirement for obtaining the corresponding Master's Degree in civil Engineering, taught by the homonymous School of Civil Engineering, integrated within the University of Cantabria.

The writing of this work has been carried out in accordance with current regulations, and under the direction and supervision of professors Mr. Raúl Medina Santamaría and Mr. Amador Gafo Álvarez.



3. LOCATION

San Lorenzo Beach is in the coastal city of Gijón, belonging to the Autonomous Community of the Principality of Asturias, at north of Iberian Peninsula, on the shores of the Cantabrian Sea, being one of the five urban beaches of the municipality. This beach is founded in the city centre of Gijón and constitutes the sack bottom of a cove that extends between the Santa Catalina Hill (Cimadevilla isthmus) to the west, and the end of Cervigón (next to the River Piles mouth), to the east. The beach front is sensitively oriented to the north-northeast, and presents a variable length, which usually ranges between 500 and 1,500 m, depending on whether it is high tide or low tide.

4. PROBLEM APPROACH

In 2005, works began in order to increase the available area of the Port of Gijón, expanding its operational capacity, by executing a new shelter breakwater formed by three sections, the Torres Breakwater, the North Breakwater, and the Counterdike. The Environmental Impact Declaration of said project indicated that the results of the coastal dynamics studies predicted, because of this expansion, a tilt of the San Lorenzo beach, with loss of sand in the eastern part of it and an increased width in the area of Santa Catalina. Therefore, the obligation to develop a regeneration project to propose a plant form as a result of the extension was established.

The Port Authority asked the University of Cantabria in 2004 to write the “San Lorenzo Beach Regeneration Study” that served as the basis for the first construction project. However, in 2009 it was found that the sediment bank set in the solution was not valid, so the Environmental Hydraulics Institute of Cantabria prepared a “Report on the current state and evolution of the beach of San Lorenzo after the works of expansion of the Port of Gijón and regeneration proposal” at the request of the Port Authority, on which the following regeneration project was based. After starting the dredging of the new area indicated, it was verified that the particle size was not adequate, so the idea of using it was abandoned.

After completing the expansion of the port of El Musel, the Port Authority requested in 2012 to the Ministry of Agriculture, Food and Environment to exonerate the obligation to execute the regeneration of the beach, which was rejected. In the following years no nourishment was made due to the difficulties of finding a compatible deposit and the beach was affected by the storms of 2013, 2014, 2016 and 2018, which led to sand transfers between areas of the sand to recover part of the emerged beach.

In 2018, the University of Oviedo was asked by the Port Authority to locate a compatible bank for the regeneration of the beach. The results of this research were reflected in the “Study of the sand deposits for the regeneration of the San Lorenzo beach”, which indicated the finding of two areas with sediments that could be used in the stabilization of the beach.

5. DEDEVELOPMENT OF THE ADOPTED SOLUTION

In order to define the optimal solution for the stabilization of the San Lorenzo beach, three alternatives have been defined and compared:

- Alternative 0: It would imply not taking any action on the beach, allowing the coastal dynamics to act, modifying the profile and the plant of the beach in a natural way, continuously adapting to the wave conditions
- Alternative 1: It would consist of the nourishment of sediment to the beach, moving the coastline 15 meters offshore and increasing the emerged beach level by one meter
- Alternative 2: It would involve the execution of an overflowable breakwater on the Santa Catalina Hill, at the western end of the beach, aligned approximately to the east and with an estimated length of 200 m.

After evaluating the advantages and disadvantages of each of the options, it has been considered that the best among them is the Alternative 1, consisting of the nourishment and spreading of a volume of 106,010.080 m³ of dredged material from the area designated in the study of the 2009 IH Cantabria ($D_{50} = 0.39$ mm), after discarding the deposits of the last study of the University of Oviedo for being thinner than the native sand. It has been considered that the execution term of these works will be SEVEN MONTHS (7 months).

6. BUDGET

In addition to the budget related to the dredge and the nourishment of sand, the costs corresponding to safety and health, waste management, environmental monitoring and cleaning and completion of the work have been considered. With all this, the Material Execution Budget amounts to TWO MILLION ONE HUNDRED and EIGHTY-SEVEN THOUSAND EIGHT HUNDRED AND THIRTY-EIGHT EUROS and TWENTY-EIGHT CENTS (€ 2,187,838.28). Adding the General Expenses (13%) and the Industrial Benefit (6%), and applying the corresponding VAT (21%), it is obtained that the Bidding Basis Budget reaches THREE MILLION ONE HUNDRED AND FIFTY THOUSAND TWO HUNDRED AND SIXTY-EIGHT EUROS and THIRTY-FOUR CENTS (€ 3,150,268.34). In the case contemplated in this project, there are no expropriations nor are there any affected services or other costs for the Administration, so the Budget for the Administration's Knowledge coincides with the Bidding Base Budget indicated above.

7. CONCLUSIONS

For all that is exposed in the Memoire and its Annexes, the Plans, the Specification of Particular Technical Prescriptions and the Budget, the "*Project for the stabilization of the San Lorenzo beach (Gijón)*" is considered sufficiently justified and drafted.

With regard to the foregoing, this End of Master's Degree Project is considered finished and, therefore, is submitted to the Court for approval and qualification, if applicable.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE
LA PLAYA DE SAN LORENZO (GIJÓN)**



DOCUMENTO N°1 - MEMORIA

DOCUMENTO Nº1 – MEMORIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETO DEL PROYECTO	3
3. DATOS DEL PROYECTO.....	3
3.1. EMPLAZAMIENTO.....	3
3.2. BATIMETRÍA	4
3.3. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	5
3.4. CLIMA MARÍTIMO	5
3.5. DINÁMICA MARÍTIMA.....	6
3.6. DINÁMICA LITORAL	7
4. ANTECEDENTES	8
5. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	9
6. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	10
6.1. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL	11
6.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	11
6.3. GESTIÓN DE RESIDUOS	11
6.4. OCUPACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE.....	12
7. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	12
8. PLAN DE OBRA.....	13
9. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	13
10. REVISIÓN DE PRECIOS.....	13
11. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	13
12. PRESUPUESTO.....	14
12.1. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN .	15
13. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	15
14. CONCLUSIÓN	15

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se ha desarrollado como Trabajo Fin de Máster, requisito indispensable para la obtención del título correspondiente al Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos impartido por la homónima Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander, integrada dentro de la Universidad de Cantabria.

La redacción de este trabajo se ha realizado de acuerdo con la normativa vigente, y bajo la dirección y tutela de los profesores D. Raúl Medina Santamaría y D. Amador Gafo Álvarez.

Este proyecto está parcialmente basado en el *Estudio de la regeneración de la playa de San Lorenzo*, desarrollado por la Universidad de Cantabria, en el *Informe sobre el estado actual y evolución de la playa de San Lorenzo tras las obras de ampliación del Puerto de Gijón y propuesta de regeneración*, redactado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, y en el *Estudio de los yacimientos de arenas para la regeneración de la playa de San Lorenzo* de la Universidad de Oviedo.

2. OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto está orientado a dar una solución al estado actual de la playa de San Lorenzo, ubicada en el casco urbano de la ciudad asturiana de Gijón. Este arenal ha sido golpeado por una serie de temporales en la última década que han provocado el retroceso importante de la línea de costa, con las consiguientes problemáticas. Tras la ejecución de la ampliación del Puerto de Gijón, finalizada en 2011, la forma en planta de la playa giró hacia el este, acentuando más estos efectos. Ante la previsión de estas circunstancias, en la Declaración de Impacto Ambiental de la citada obra se obligaba a la Autoridad Portuaria a realizar la regeneración de la playa, actuación que no se ha llegado a realizar.

Por lo tanto, en este proyecto se analiza el entorno del arenal, para definir unas alternativas, de las cuales se elige la óptima y se desarrolla, indicando los trabajos a realizar, el coste y plazo de ejecución de estos.

3. DATOS DEL PROYECTO

3.1. EMPLAZAMIENTO

La playa de San Lorenzo se localiza en la ciudad costera de Gijón perteneciente a la Comunidad Autónoma de Asturias, situada al norte de la Península Ibérica, a orillas del Mar Cantábrico, siendo una de las cinco playas urbanas del municipio, junto a la Playa del Aryebal, la Playa de Poniente, la Playa de los Mayanes y la Playa del Cervigón, a las que se suman otras tantas playas rurales, la Playa de Peñarrubia, la Playa de Serín, la Playa de La Cagonera, la Playa de Estaño y la Playa de la Ñora.

Esta playa está ubicada en pleno casco urbano de Gijón y constituye el fondo de saco de una ensenada que se extiende entre el Cerro de Santa Catalina (istmo de Cimadevilla) al oeste, y la punta del Cervigón (junto a la desembocadura del río Piles), al este. El frente de la playa está sensiblemente orientado al N-NE, y presenta una longitud variable, que habitualmente se sitúa entre los 500 m y los 1.500 m, dependiendo de si está en pleamar o en bajamar.

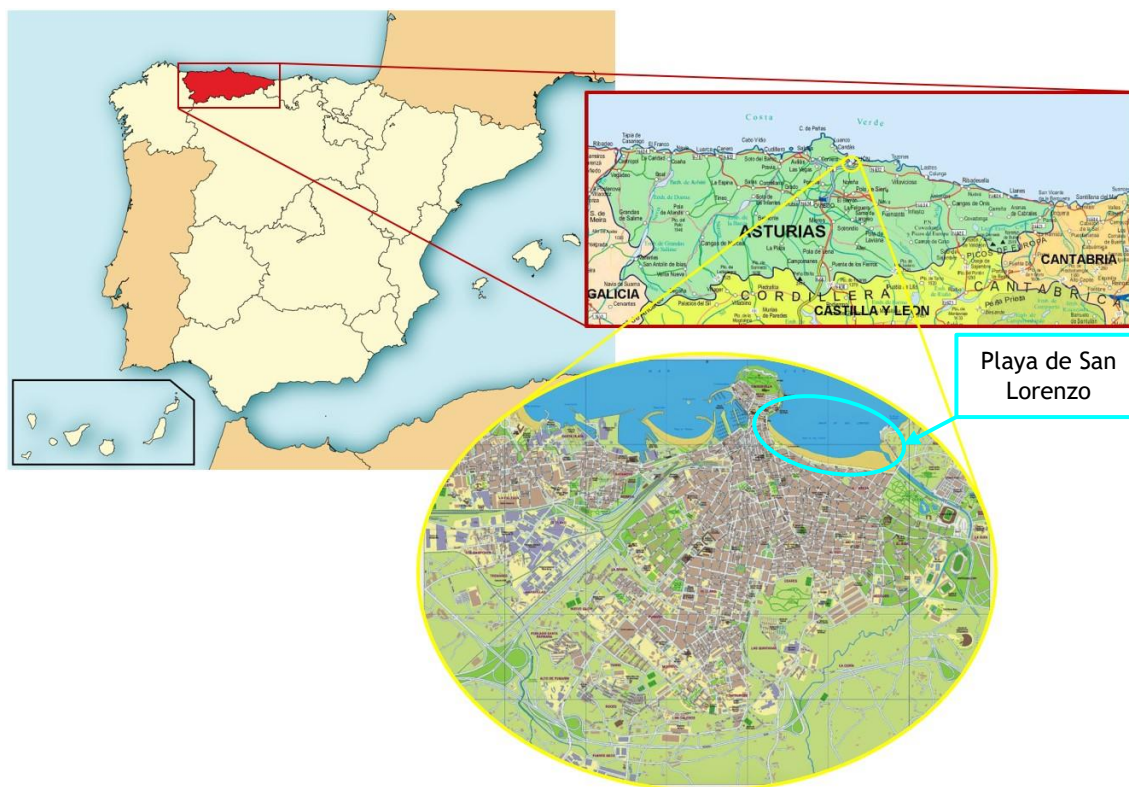


Ilustración 1 - Localización de la playa de San Lorenzo

3.2. BATIMETRÍA

La playa de San Lorenzo se encuentra en el fondo de saco de un canal central sensiblemente paralelo al frente de la costa, donde han sedimentado materiales granulares, flanqueado a ambos lados por afloramientos del sustrato rocoso. Según se acercan a la playa, las isóbatas cada vez son más regulares y paralelas a la línea de costa. Sin embargo, en las áreas rocosas cerca de la Punta del Cervigón y el Cerro de Santa Catalina, al este y oeste, respectivamente del arenal, la batimetría es algo más irregular.

Esta batimetría está en constante cambio, en relación con el régimen de oleaje existente. En períodos de temporales, la playa seca sufre un retraso sustancial, lo que conlleva a realizar trasvases entre zonas del arenal, para recuperar en parte la extensión previa de playa emergida.

En el Anejo N°2 se realiza un análisis en profundidad de los cambios sufridos por la playa en los últimos años.

3.3. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En el municipio de Gijón se observan materiales jurásicos (principalmente calizas pisolíticas, margas, arcillas negras, vinosas y amarillentas, areniscas, dolomías y conglomerados silíceos) en la parte oriental y en la central, rodeando los depósitos del cuaternario existentes al norte, incluida la citada playa. En la parte occidental se mezclan materiales del Devónico (calizas, dolomías, margas, areniscas ferruginosas, calizas arrecifales y areniscas) con algunos más actuales del Carbonífero (caliza oscura y secesiones turbidíticas) y del Cretácico (calizas, arcillas y areniscas), y con presencia de algunos materiales previos del Ordovícico (cuarcitas blancas, pizarras oscuras y sucesiones vulcano-detriticas) y del Silúrico (pizarras negras y areniscas ferruginosas). El fondo marino más cercano a la costa de Gijón está conformado por rocas con relieve y por rasa erosiva.

En el Anejo N°3 se incluyen los resultados de los distintos análisis granulométricos realizados a la playa de San Lorenzo a lo largo de los últimos, en 2001 y 2002 para el estudio inicial para la ampliación del puerto, en 2009 para el nuevo estudio de regeneración, y en 2018 para el estudio de los yacimientos de arena para la recuperación del arenal. El resumen de las características obtenidas en el estudio de 2009 se indica con la siguiente tabla:

Playa	D ₈₄	D ₅₀	D ₁₆	Φ ₈₄	Φ ₅₀	Φ ₁₆	σ _Φ	M _Φ
Seca	0,17	0,33	0,47	2,55	1,61	1,09	0,73	1,75
Intermareal	0,16	0,32	0,47	2,65	1,65	1,09	0,78	1,80
Submareal	0,22	0,35	0,50	2,20	1,53	1,01	0,60	1,58
Media	0,18	0,33	0,48	2,47	1,60	1,06	0,70	1,71

3.4. CLIMA MARÍTIMO

El clima del Principado de Asturias se identifica por ser mayormente oceánico, aunque al sur, donde se encuentra la Cordillera Cantábrica, se da un clima de montaña. La climatología asturiana presenta abundantes precipitaciones repartidas a lo largo de casi todo el año, superando los 1000 l/m² en casi todas las zonas, con vientos suaves y sostenidos, aunque de dirección marcadamente estacional; radiación solar media, del entorno de los 1700 J/m² en verano y los 450 J/m² en invierno, y con temperaturas moderadas durante todo el año debido a la influencia del mar Cantábrico, excluyendo las zonas de montaña, donde se producen temperaturas más bajas y con mayor amplitud. En la ciudad de Gijón, donde se ubica este proyecto, se observa una mayor influencia del Mar Cantábrico, por su obvia cercanía, lo que se traduce en menores precipitaciones que la media autonómica y unas temperaturas más moderadas con menor amplitud térmica, lo que se relaciona con la inexistencia prácticamente de días con nieve, menores tormentas y precipitaciones, lo que implica un mayor número de días despejados y una mayor radiación incidente.

En el Anejo N°4 se incluye una extensa recopilación de los datos de oleaje de la Boya Gijón I y del Nodo SIMAR más cercano, de los cuales se extrae que la dirección predominante es la norte-noroeste (NNW), con alturas de ola más frecuentes entre 0,5 y 1 m, con un período más habitual entre los 10 y 12 s.

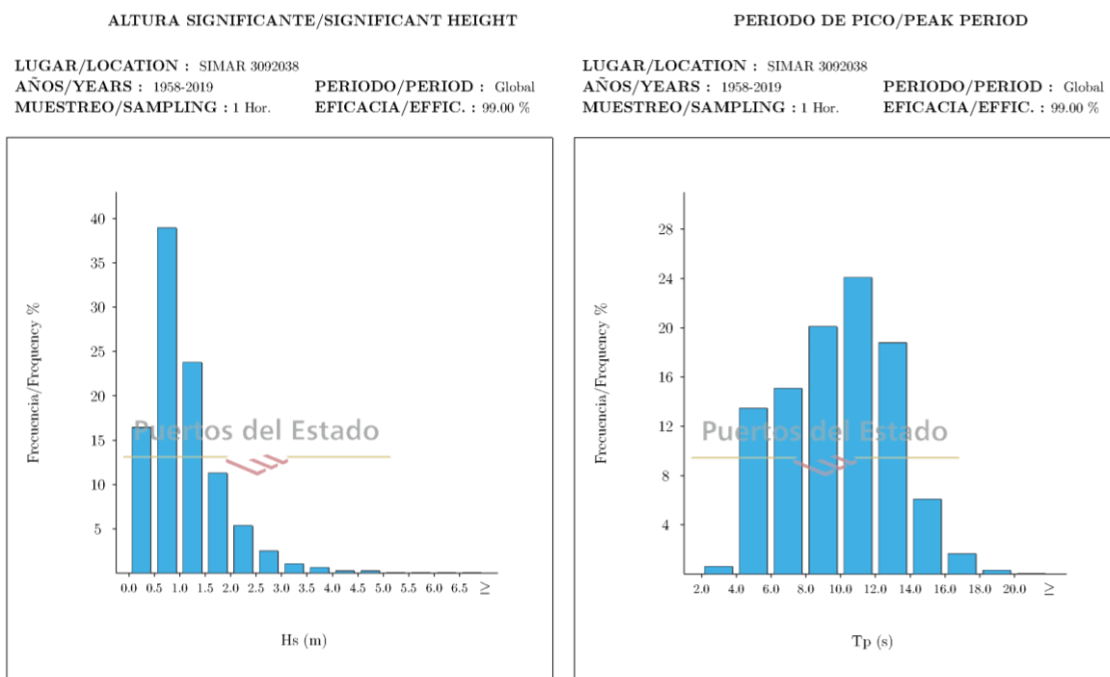


Ilustración 2 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los periodos pico (derecha) del oleaje en el nodo SIMAR entre 1958 y 2019

3.5. DINÁMICA MARÍTIMA

En el Anejo N°5 se recopilan los análisis realizados por el IH Cantabria respecto a las variaciones en la altura de ola y ángulo de incidencia en la playa, flujo medio de energía y corrientes producidas por la construcción de la ampliación del puerto de El Musel, donde se observa una disminución de la altura y un giro en sentido horario del flujo de energía, así como una variación en el sistema de corrientes.

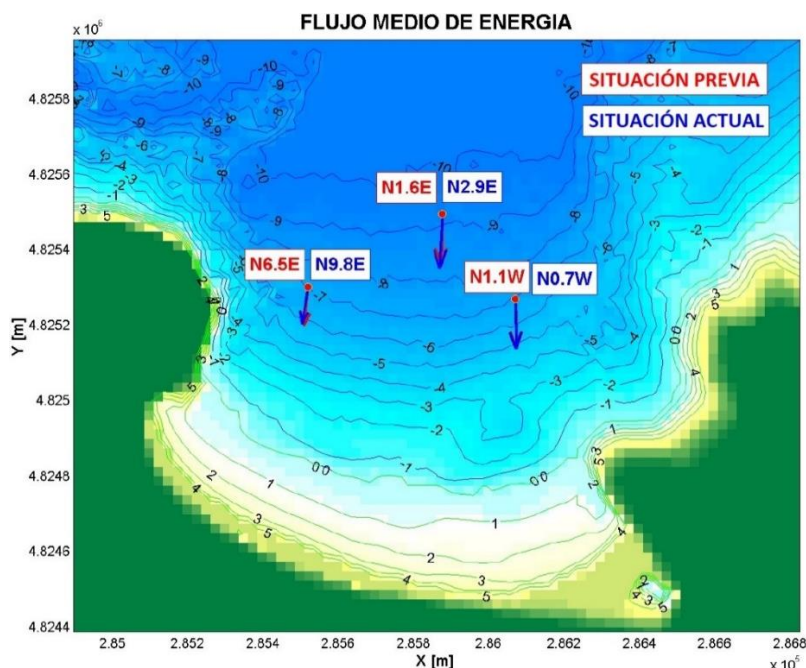


Ilustración 3 - Vectores del flujo medio de energía calculado a partir de estados de marea de bajamar, media marea y pleamar, para la situación previa a la ampliación del puerto y la actual

3.6. DINÁMICA LITORAL

Analizando la distribución acumulada de estados morfológicos de la playa de San Lorenzo se comprueba que el arenal se encuentra predominantemente en el estado de barra longitudinal y seno, LBT por sus siglas en inglés *Longshore Bar and Trough*, con una mayor concurrencia en la zona este de la playa, alcanzando casi el 40%, seguido por el estado disipativo excepto en el lado oeste, donde el estado de playa y barra rítmicas lo supera ligeramente. El estado menos usual es el de playa reflejante, con una existencia casi nula en el centro y en el este, y con un porcentaje algo mayor en el extremo occidental de la playa. Esto se debe a que esta parte está más protegida ante los temporales del NW, los más energéticos, por lo que la altura de ola incidente es menor y tiende a estados menos disipativos. La descripción del modelo teórico detrás de este análisis se incluye en el Anejo N°6, además de la descripción conceptual del perfil de equilibrio, así como distintos ajustes a varios perfiles de la playa en diferentes años.

En este anejo también se incluye el ajuste de la planta de equilibrio de la playa en la situación actual y en la previa a la ampliación del puerto, además del modelo conceptual en el que se basa. Comparándose estas líneas se confirma el giro en sentido horario generado por la construcción del nuevo dique, lo que ha provocado un aumento de playa seca en el oeste y un retroceso en el este.

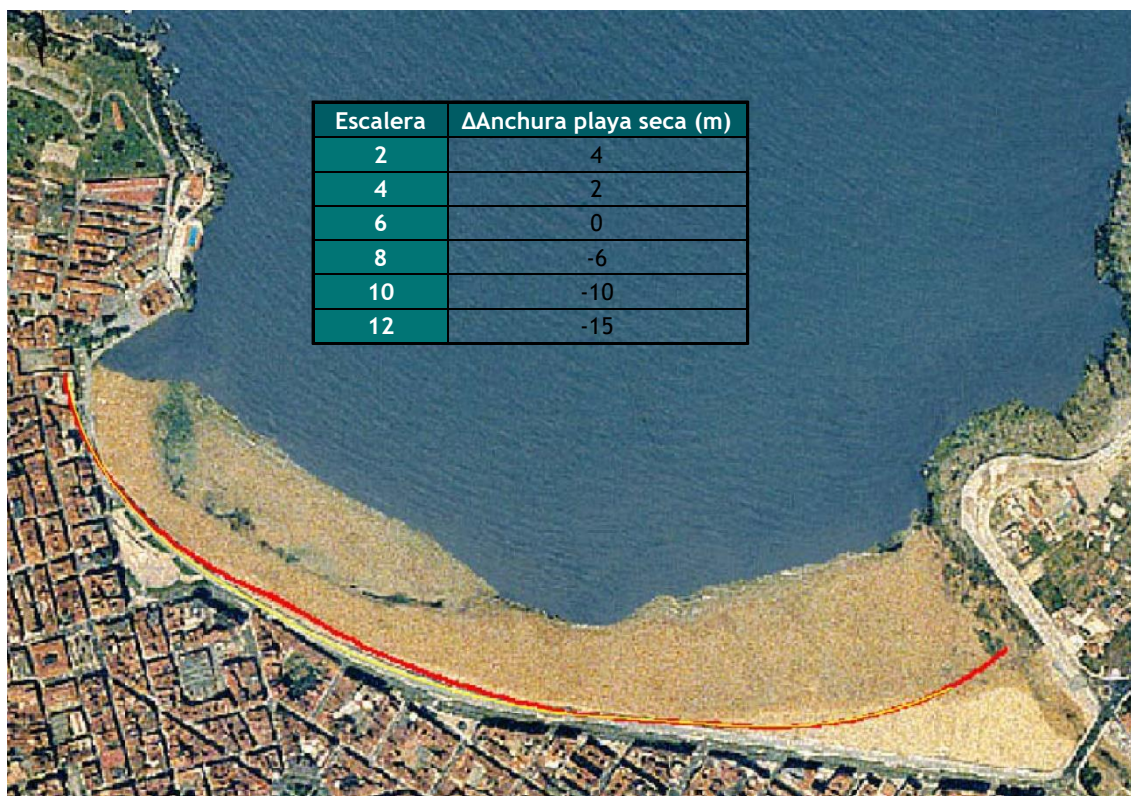


Ilustración 4 - Forma en planta de equilibrio tras el giro prevista en el estudio "Regeneración de la playa de San Lorenzo" de 2004 (línea roja) y la prevista en el "Informe sobre el estado actual y evolución de la playa de San Lorenzo tras las obras de ampliación del Puerto de Gijón y propuesta de regeneración" de 2009 (línea amarilla), ambos desarrollados por el IH Cantabria

4. ANTECEDENTES

En el año 2005 se iniciaron las obras para aumentar la superficie disponible del Puerto de Gijón, ampliando la capacidad operacional del mismo, mediante la ejecución de un nuevo dique de abrigo formado por tres tramos, el Dique Torres, el Dique Norte, y el Contradique. En previsión de los efectos de la construcción de esta ampliación, en la Declaración de Impacto Ambiental se indica que los resultados de los estudios de dinámica litoral predecían, como consecuencia de los nuevos diques, un basculamiento de la playa de San Lorenzo, con pérdida de arena en la parte oriental de la misma y aumento de anchura en la zona de Santa Catalina. Por lo que se indicaba la necesidad de elaborar un proyecto de regeneración para proponer una forma en planta como consecuencia de la ampliación.

La Autoridad Portuaria de Gijón le encargó a la Universidad de Cantabria a través de la Fundación Leonardo Torres Quevedo la elaboración de un “Estudio de regeneración de la playa de San Lorenzo” en octubre de 2004, que derivó posteriormente en la redacción del primer proyecto de regeneración, realizado por la empresa SENER, Ingeniería y Sistemas, S.A., aunque no se llegó a llevar a cabo. Tras finalizar la construcción del dique de abrigo de la ampliación de El Musel en el año 2009 y debido a la ocurrencia de un fuerte temporal, la Autoridad Portuaria de Gijón se planteó ejecutar la regeneración de la playa, para lo cual encargó un nuevo estudio al Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, tras constatar que el yacimiento planteado en el informe anterior no era válido. A partir de los resultados de este estudio la empresa Ibérica de Estudios e Ingeniería, S.A. (Iberinsa) redactó un nuevo proyecto de regeneración de la playa de San Lorenzo. Sin embargo, tras haber dragado cerca de 100.000 m³ de la nueva ubicación planteada, se verificó que la granulometría era superior a la esperada por lo que se rechazó su uso.

Tras finalizar la ampliación del puerto de El Musel, la Autoridad Portuaria solicitó en el año 2012 al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente la exoneración de la obligatoriedad de ejecutar la regeneración de la playa, que fue rechazada. En los años posteriores no se realizó ningún aporte debido a las dificultades de encontrar un yacimiento compatible y la playa se vio afectada por los temporales especialmente duros de 2013 y 2014, lo que llevó a ejecutar el trasvase de arena entre zonas de la playa para recuperar parte de la playa seca.



Ilustración 5 - Efectos del temporal en 2014 (izquierda) y los trabajos de trasvase de arena entre zonas de la playa de San Lorenzo del mismo año (derecha)

Esta situación se repitió en 2016 y 2018, año en el que la Autoridad Portuaria encargó un nuevo estudio a la Universidad de Oviedo para localizar fuentes de sedimento para realizar la regeneración del arenal. En dicho informe se indica el hallazgo de dos posibles zonas con material compatible con la arena de San Lorenzo, aunque la Autoridad Portuaria mantiene la posición de que la playa es estable y no necesita aporte de arena mientras que se siguen produciendo episodios de temporales que afectan a la disponibilidad de playa seca y requieren del traslado de material.

5. SOLUCIÓN ADOPTADA

Para definir la solución óptima para la estabilización de la playa de San Lorenzo se han definido y comparado tres alternativas: una Alternativa 0 que conllevaría no realizar ninguna actuación sobre el arenal, permitiendo que la dinámica litoral actúe modificando el perfil y la planta de la playa de forma natural, adaptándose continuamente a las condiciones de oleaje; una Alternativa 1 que consistiría en el aporte de sedimento al arenal, desplazando la línea de costa mar adentro y aumentando la cota de la playa seca; y una Alternativa 2, que supondría la ejecución de un dique rebasable en el Cerro de Santa Catalina, en el extremo occidental de la playa, alineado aproximadamente hacia el este y con una longitud aproximada de 200 m.

La primera opción no supondría la eliminación de la problemática existente y no se cumpliría con el mandato incluido en la Declaración de Impacto Ambiental de la ampliación del Puerto de Gijón de 2004. La alternativa del aporte de material sería la más compatible con el entorno y supondría la mejora del comportamiento de la playa ante temporales, ya que el cambio de perfil y el retranqueo producido en invierno no afectaría tanto a la disponibilidad de playa seca, permitiendo la recuperación natural del arenal en los meses estivales, aunque supondría una gran molestia durante el desarrollo de los trabajos. La opción del dique supondría el incremento de playa seca en la parte occidental, que por otra parte fue la zona que aumentó la anchura disponible debido al giro originado por la ampliación del puerto. Además, no generaría molestias a los usuarios de la playa durante la ejecución de las obras, aunque supondría un gran impacto visual y su efecto sería más apreciable en la parte del perfil de bajamar que en la sección intermareal y en la playa seca, y menor cuanto más rebasable sea.

Considerando estas ventajas se ha determinado que la opción óptima para la estabilización de la playa se trata de la definida en la alternativa 1, consistente en el aporte de arena para lograr un aumento de la cota de la playa seca, así como un desplazamiento mar adentro de la línea de costa, incrementando la disponibilidad de arenal emergido, así como su comportamiento y resistencia a temporales. Esta solución también está avalada por el hecho de haber sido la opción considerada en los estudios y proyectos anteriormente citados de regeneración de la playa.

Como fuente de sedimento para esta actuación se ha supuesto el uso de la zona indicada en el informe del IH Cantabria de 2009 que, aunque no cumplió con la granulometría una vez extraído, el color y el tamaño teórico sí cumplía con los

parámetros adecuados, por lo que un estudio más detallado de la zona podría servir para determinar con mayor precisión la ubicación de las áreas correctas para la ejecución del relleno. Esta elección también se motiva en el hecho de que los yacimientos indicados en el estudio de 2018 de la Universidad de Oviedo presentan granulometrías más finas que la nativa, por lo que cualquier actuación requerirá de un gran volumen, debido a la tendencia de modificar el perfil hacia uno más tendido, lo que requeriría aportar material hasta la profundidad de cierre, además de presentar un color más oscuro, distinto al dorado de la arena existente en la playa.

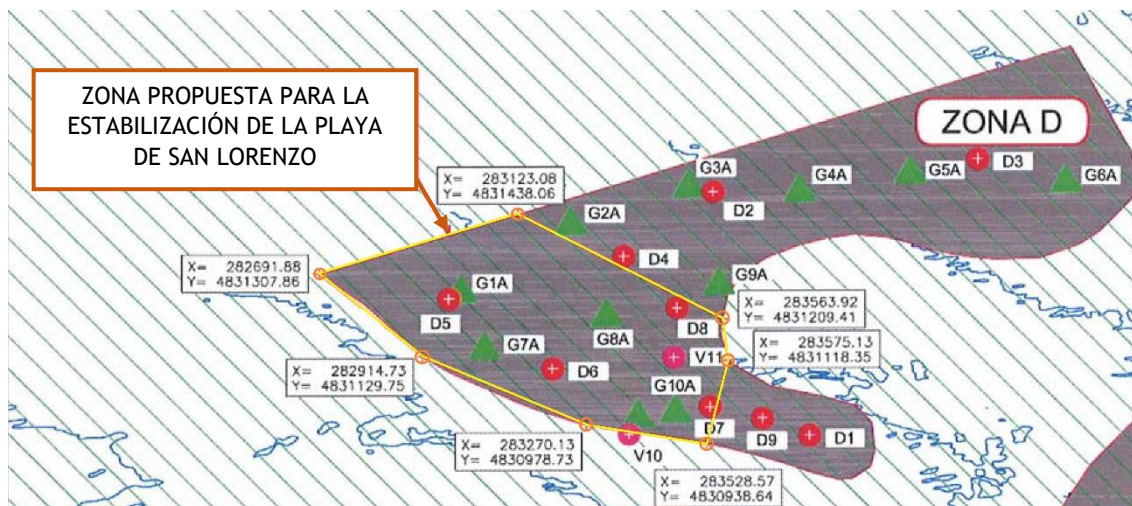


Ilustración 6 - Zona D estudiada en el informe del IH Cantabria en 2009, con la sección propuesta para la estabilización de la playa

6. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Las obras de estabilización de la playa de San Lorenzo contempladas en este proyecto consisten en el dragado de 106.010,080 m³ de material de la zona indicada en el apartado anterior mediante una draga de succión con una cántara de volumen superior a los 100 m³, desde la cual se bombeará la emulsión de agua-arena hasta la playa mediante una tubería. El vertido se realizará en recintos que se generarán en el arenal y se procederá a su extendido mediante medios mecánicos, de tal manera que se genere un incremento de la cota de la playa emergida de 1 metro y se genere un desplazamiento de la línea de costa de alrededor de 15 metros mar adentro. Todo ello se realizará con el adecuado control topográfico, con la adecuada vigilancia ambiental, en condiciones de seguridad y realizando una correcta gestión de los residuos.

La justificación de los cálculos realizados para la obtención del volumen de aportación, así como los fundamentos teóricos detrás de ellos, se detallan en el Anejo N°7 de este proyecto.

6.2. ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

De acuerdo con lo indicado en la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, este proyecto debe someterse a una evaluación ambiental simplificada, para lo cual se ha realizado un inventario ambiental, en el que se recogen las características de la playa y la costa gijonesa, desde un punto de vista del medio físico, de la biología y del medio socioeconómico; identificando los posibles impactos que se generarían con los trabajos de estabilización, caracterizándolos y valorándolos para evaluar la magnitud de ese impacto; y posteriormente estableciendo unas medidas correctoras destinadas a eliminar o mitigar los efectos negativos de la obra sobre el medio; y definiendo un programa de vigilancia ambiental a seguir durante el desarrollo de las actuaciones, todo ello indicado en el Anejo N°8 de este proyecto.

En este anejo también se incluye la valoración económica de la Vigilancia Ambiental, cuyo coste estimado para la obra asciende a SETENTA Y TRES MIL QUINIENTOS EUROS (73.500 €).

6.3. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Según se indica en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se debe redactar el Estudio de Seguridad y Salud del proyecto, el cual se incluye en el Anejo N°9. En este Estudio se analizan los riesgos que emanan de la realización de las obras y establece y marca unas directrices para eliminar o disminuir al máximo posible dichos riesgos y sus consecuencias. También define la acción preventiva a realizar acorde a los medios de producción, adaptando lo indicado en la planificación de trabajos y tratando de incluir dichas medidas dentro de la propia actividad de las obras.

Se ha realizado el Presupuesto del Estudio de acuerdo con el número máximo de trabajadores previstos en la obra (25), en el que se incluyen las protecciones individuales y colectivas, las instalaciones eléctricas y contra incendios, las instalaciones de higiene y bienestar, la medicina preventiva y primeros auxilios, así como la formación y reuniones de obligado cumplimiento. Con todo esto el Presupuesto de Ejecución Material de Seguridad y Salud asciende a un total de SETENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (78.443,94 €).

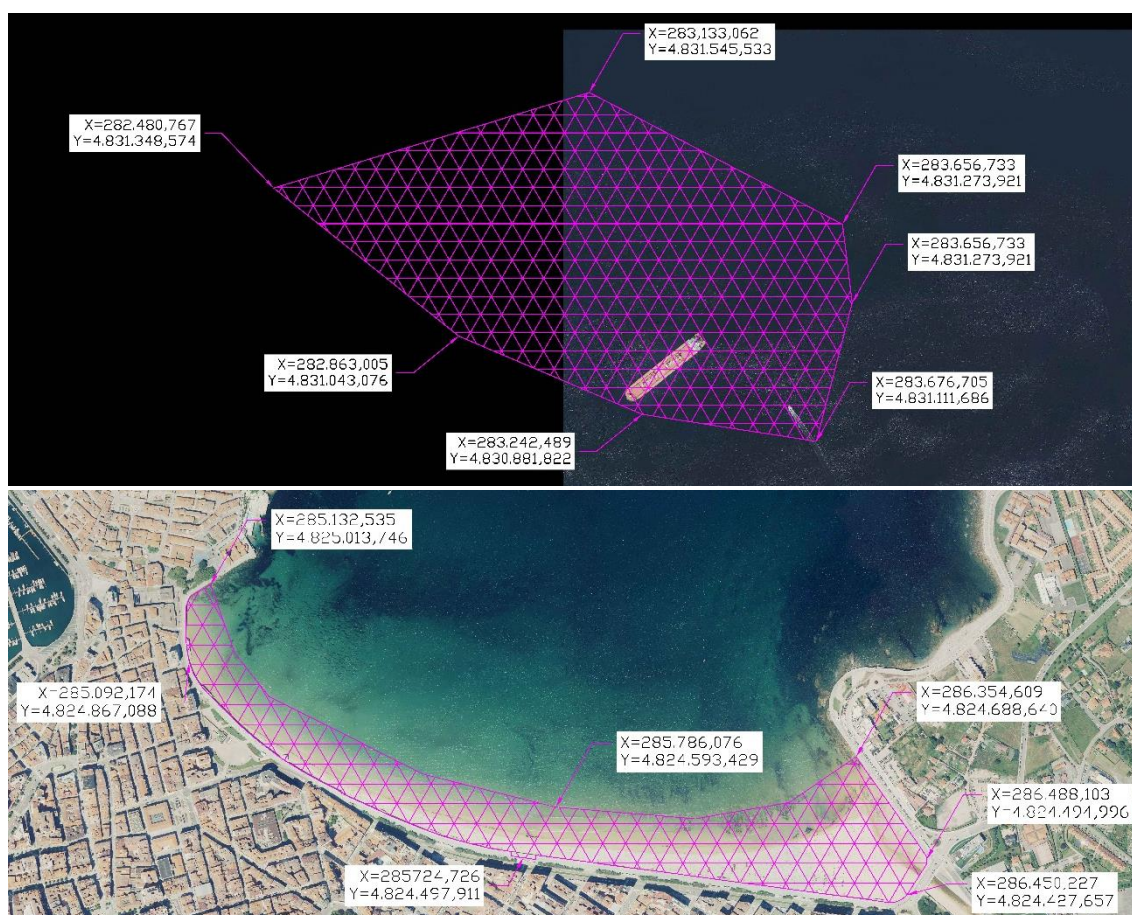
6.4. GESTIÓN DE RESIDUOS

En el Anejo N°10 se incluye el estudio de la gestión de residuos cumpliendo con lo indicado en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. En este estudio se identifican los distintos residuos producibles en la obra y se realiza una estimación del volumen que se generará en el desarrollo de los trabajos, indicando medidas para la reducción de los mismos e identificando el tratamiento y destino correcto para cada residuo, incluyendo una lista de los gestores autorizados de

Gijón. Por último, se ha realizado una valoración de los costes asociados, los cuales ascienden a DIECISIETE MIL CUARENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (17.046,49 €).

6.5. OCUPACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE

Debido a las características del proyecto y a su ubicación, para la ejecución de los trabajos de estabilización de la playa de San Lorenzo se precisa la ocupación de espacios considerados parte del dominio público marítimo-terrestre, de acuerdo con lo indicado en la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, para lo cual se precisará de la correspondiente autorización de la Administración competente.



7. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

En el Anejo Nº12 se justifican los costes directos de la mano de obra y maquinaria adoptados para este proyecto, así como los costes indirectos supuestos, de acuerdo con lo establecido en el artículo 127 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado mediante el Real Decreto 1098/2001 de 12

de octubre. Adicionalmente, se incluye el precio descompuesto de la unidad de obra que compone este proyecto.

8. PLAN DE OBRA

El plazo de ejecución de la obra contemplada en este proyecto es de SIETE MESES (7 meses), tal y como se indica en el Anejo N°13 mediante un diagrama de Gantt.

9. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

De acuerdo con lo indicado en el Artículo 77 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, se exigirá la clasificación del contratista para la ejecución de estos trabajos debido a que el valor estimado en este caso asciende a 2.603.527,56 €. Por lo tanto, el contratista deberá estar clasificado, según se indica en el Artículo 25 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, en el **Grupo F) Marítimas** y en el **Subgrupo 1. Dragados**, mientras que el contrato se clasifica, según el Artículo 26 del citado Reglamento, en la **Categoría 5**, ya que la cuantía es superior a 2.400.000€ e inferior a 5.000.000€.

10. REVISIÓN DE PRECIOS

Según se establece en el Artículo 103 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, la revisión de precios periódica y predeterminada en un contrato de obra solo será aplicable si el plazo de ejecución es superior a los 2 años, por lo que no es realizable en este caso.

11. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

➤ Documento N°1 - Memoria

❖ Memoria

❖ Anejos

- ◆ Anejo N°1 - Antecedentes
- ◆ Anejo N°2 - Batimetría
- ◆ Anejo N°3 - Geología y geotecnia
- ◆ Anejo N°4 - Clima marítimo
- ◆ Anejo N°5 - Dinámica marítima
- ◆ Anejo N°6 - Dinámica litoral
- ◆ Anejo N°7 - Estudio de estabilización de la playa
- ◆ Anejo N°8 - Estudio de Impacto Ambiental
- ◆ Anejo N°9 - Estudio de seguridad y Salud
- ◆ Anejo N°10 - Gestión de residuos
- ◆ Anejo N°11 - Ocupación del Dominio Público Marítimo-Terrestre
- ◆ Anejo N°12 - Justificación de precios

- ♦ Anejo N°13 - Plan de obra
- ♦ Anejo N°14 - Clasificación del contratista
- Documento N°2 - Planos
 - ❖ Plano N°1 - Situación
 - ❖ Plano N°2 - Emplazamiento
 - ❖ Plano N°3 - Batimetría
 - ❖ Plano N°4 - Modelo de terreno
 - ❖ Plano N°5 - Perfiles longitudinales
- Documento N°3 - Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares
- Documento N°4 - Presupuesto
 - ❖ Mediciones auxiliares
 - ❖ Mediciones generales
 - ❖ Cuadro de precios N°1
 - ❖ Cuadro de precios N°2
 - ❖ Presupuestos parciales
 - ❖ Resumen del presupuesto

12. PRESUPUESTO

En el Documento N°4 se detallan las mediciones y los cuadros de precios correspondientes al presupuesto de este proyecto, cuyo resumen se indica a continuación:

ESTABILIZACIÓN DE LA PLAYA DE SAN LORENZO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
1	DRAGADO Y VERTIDO.....	2.015.847,85 €	92,14%
2	SEGURIDAD Y SALUD.....	78.443,94 €	3,59%
3	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	17.046,49 €	0,78%
4	VIGILANCIA AMBIENTAL.....	73.500,00 €	3,36%
5	VARIOS.....	3.000,00 €	0,14%
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		2.187.838,28 €	
	13,00% Gastos Generales.....	284.418,98 €	
	6,00% Beneficio Industrial.....	131.270,30 €	
	Suma	415.689,27 €	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		2.603.527,56 €	
	21,00% IVA.....	546.740,79 €	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		3.150.268,34 €	

Con esto asciende el **Presupuesto de Ejecución Material (PEM)** a **DOS MILLONES CIENTO OCHENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS (2.187.838,28 €)**. Sumando los Gastos Generales (13%) y el Beneficio Industrial (6%) y aplicando el correspondiente IVA (21%), se obtiene que el **Presupuesto Base de Licitación (PBL)** alcanza los **TRES MILLONES CIENTO CINCUENTA MIL DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS (3.150.268,34 €)**.

12.1. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

En el caso contemplado en este proyecto no se producen expropiaciones ni existen servicios afectados u otros costes para la Administración, por lo que el Presupuesto para Conocimiento de la Administración coincide con el Presupuesto Base de Licitación indicado anteriormente.

13. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Las actuaciones definidas en el presente proyecto cumplen con los requisitos legales exigidos, constituyendo una obra completa susceptible de entregarse al uso público de acuerdo con la normativa vigente y según se indica en el Artículo 125 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.

14. CONCLUSIÓN

Por todo lo expuesto en la Memoria y sus Anejos, los Planos, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Presupuesto, se considera suficientemente justificado y redactado el *“Proyecto de estabilización de la playa de San Lorenzo (Gijón)”*.

Con cuanto antecede, se da por finalizado el presente Trabajo Fin de Máster y, por lo tanto, se eleva al Tribunal para su aprobación y calificación, si procede.

Santander, septiembre de 2019

El autor del proyecto,



Fdo: Jesús Fernández González

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE
LA PLAYA DE SAN LORENZO (GIJÓN)**



<p>ANEJO N°1 - ANTECEDENTES</p>
--

ANEJO Nº1 – ANTECEDENTES

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. UBICACIÓN	3
3. PROBLEMÁTICA.....	4
4. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS	7

1. OBJETO

El presente anejo describe la situación actual respecto a la playa de San Lorenzo en Gijón (Asturias), así como los cambios sufridos por esta a lo largo del tiempo, que explican el origen de la problemática existente.

2. UBICACIÓN

La playa de San Lorenzo se localiza en la ciudad costera de Gijón perteneciente a la Comunidad Autónoma de Asturias, situada al norte de la Península Ibérica, a orillas del Mar Cantábrico.

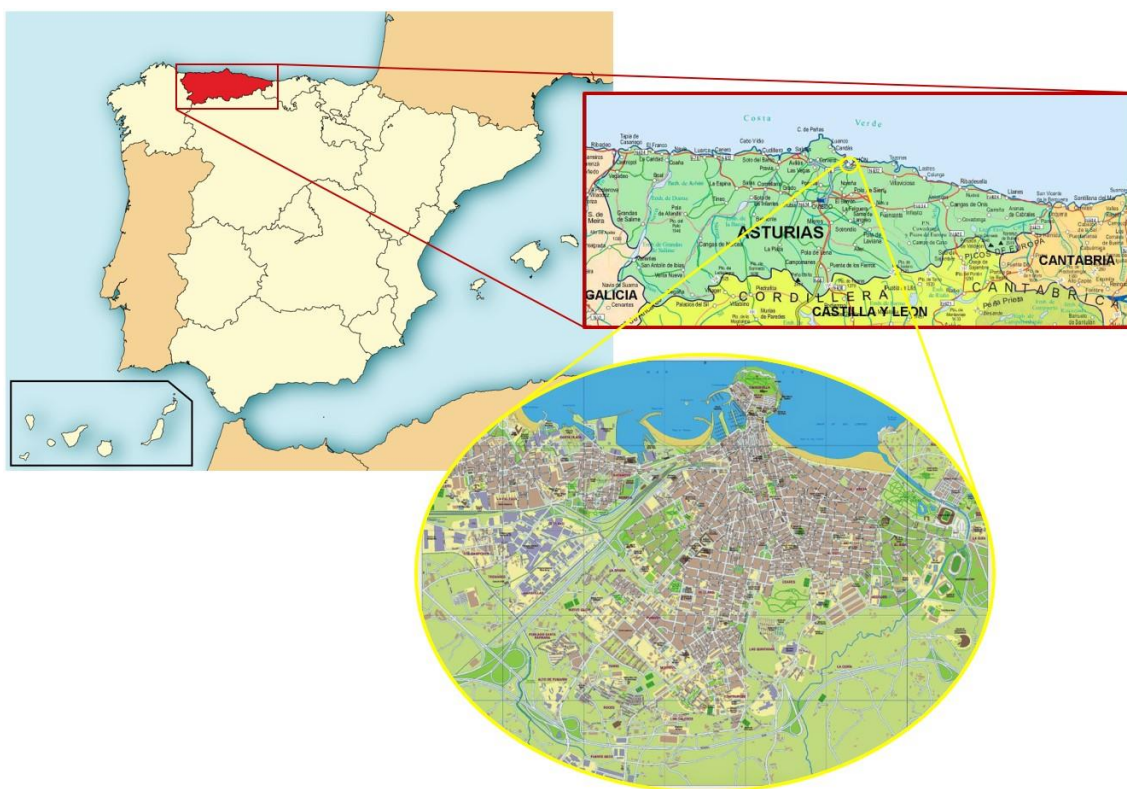


Ilustración 1 – Localización de Gijón

Aunque se han hallado restos prehistóricos datados en el 5000 a.C., no existen datos de asentamientos fijos en la zona hasta la aparición de los castros (poblados fortificados celtas) alrededor de los siglos VI y V a.C. Tras el control romano de la zona hasta el siglo II d.C., se sucedieron los intentos de control sobre el área entre los astures y el poder central toledano, para posteriormente caer en mano musulmana, siendo Gijón la capital de los territorios transcantábricos. Tras la reconquista iniciada en el 718 y liderada por Pelayo, se produjo un decaimiento de la puebla de Gijón, nombrada tal por Alfonso X en 1270, y fue escenario de distintas luchas dinásticas que

mantuvieron el estancamiento del núcleo urbano. No fue hasta los siglos XV y XVI cuando empezó a prosperar nuevamente, estando fuertemente ligado este desarrollo con el puerto y la dársena, prolongándose el crecimiento durante los posteriores siglos, unido al desarrollo del comercio. Esta época de prosperidad se vería frenada durante el siglo XVIII por las distintas guerras, la invasión francesa y los problemas económicos, situación que se empezaría a revertir en el siguiente siglo por la mejora de las infraestructuras y el desarrollo minero e industrial de la zona.

Este progreso se tradujo en la construcción de un nuevo puerto en 1893, que se convertiría en el primer puerto carbonero en España, y en el desarrollo de la urbe y sus infraestructuras. Tras verse afectada por la Guerra Civil a mediados del siglo XX, continuó el progreso de la ciudad, impulsado principalmente por la industria siderúrgica y naval, aunque estas se vieron afectadas por la crisis industrial de finales del siglo, lo que supuso una liberación de suelo que se aprovechó para el desarrollo urbanístico de Gijón.

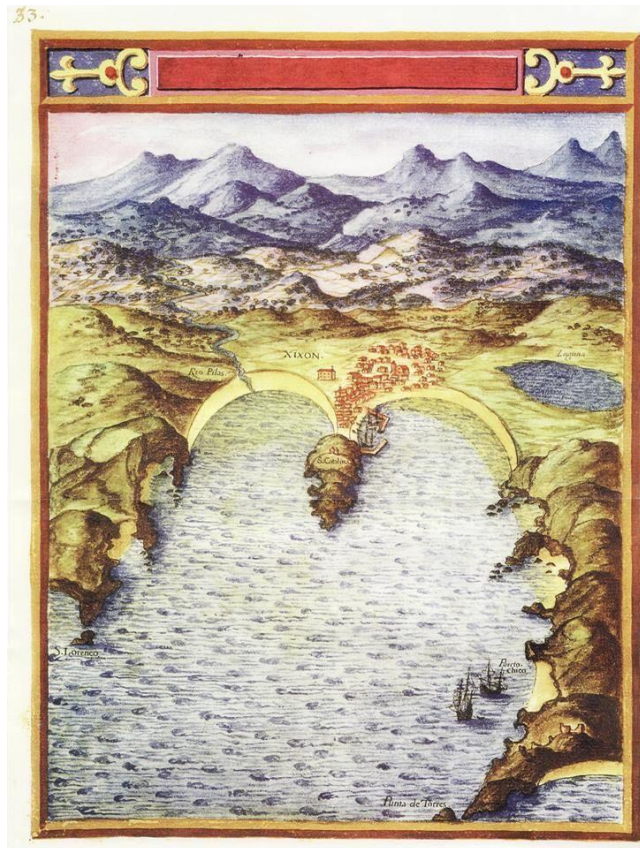


Ilustración 2 - Gijón en el Atlas de Pedro de Texeira, 1634

3. PROBLEMÁTICA

Actualmente Gijón cuenta actualmente con cinco playas urbanas y otras cinco rurales: la Playa del Aryebal (1 en la imagen de la página siguiente), la Playa de Poniente (2), la Playa de San Lorenzo (3), Playa de los Mayanes (4) y la Playa del Cervigón (5) son las pertenecientes al primer grupo, y en la segunda categoría la Playa de Peñarrubia (6), la Playa de Serín (7), la Playa de La Cagonera (8), la Playa de Estaño (9) y la Playa de la Ñora (10).

La playa objeto de este proyecto es la Playa de San Lorenzo, ubicada en pleno casco urbano de Gijón y constituye el fondo de saco de una ensenada que se extiende entre el Cerro de Santa Catalina (istmo de Cimadevilla) al oeste, y la punta del Cervigón (junto a la desembocadura del río Piles), al este. El frente de la playa está sensiblemente orientado al N-NE, y presenta una longitud variable, que habitualmente si sitúa entre los 500 m y los 1.500 m, dependiendo de si está en pleamar o en bajamar. Actualmente, esta playa presenta una problemática derivada de la construcción de la última ampliación del puerto de El Musel.

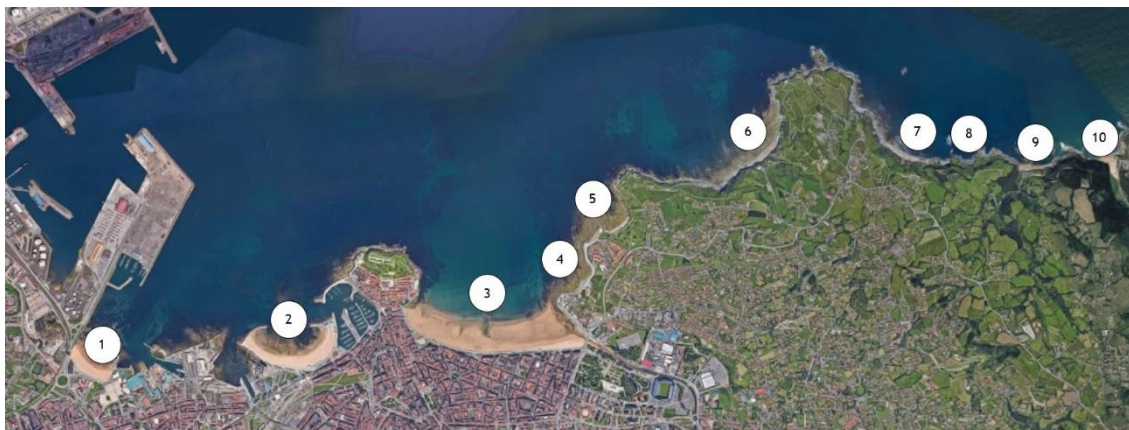


Ilustración 3 - Ubicación de las playas de Gijón

En el año 2005 se iniciaron las obras para aumentar la superficie disponible del Puerto de Gijón, ampliando la capacidad operacional del mismo, mediante la ejecución de un nuevo dique de abrigo formado por tres tramos, el Dique Torres de 1.433 m en talud con protección de bloques de hasta 145 t, el Dique Norte de 1.669 m de tipología vertical formado por 33 cajones de 32 m de manga y 32 m de puntal, y el Contradique de 1.115 m en talud protegido por bloques de 90 t. Con esto, la nueva dársena resultante tras la finalización de las obras en 2012 dispone de 145 ha de aguas abrigadas y las explanadas generadas suponen 140 ha de superficie.



Ilustración 4 - Infografía de la ampliación del puerto de 2005

Sin embargo, esta nueva infraestructura ha generado cambios en la dinámica marina, que a su vez ha provocado que la planta de la playa sufra un cambio, disminuyendo la playa seca y empeorando su comportamiento ante temporales como se vio en los sufridos en mayo de 2013 y en el invierno entre 2013 y 2014. En la primera fecha se produjo una serie de temporales con una altura significativa de alrededor de 3,75 m que resultaron en la pérdida de sedimento y de la playa seca, mientras que, en el siguiente evento, se sucedieron un gran número de temporales que tuvieron su mayor impacto en febrero y marzo de 2014, cuando coincidieron con pleamares vivas, causando la reducción de la playa seca, apareciendo escarpes que modificaron el perfil de la playa e incluso destrozos en el paseo marítimo.

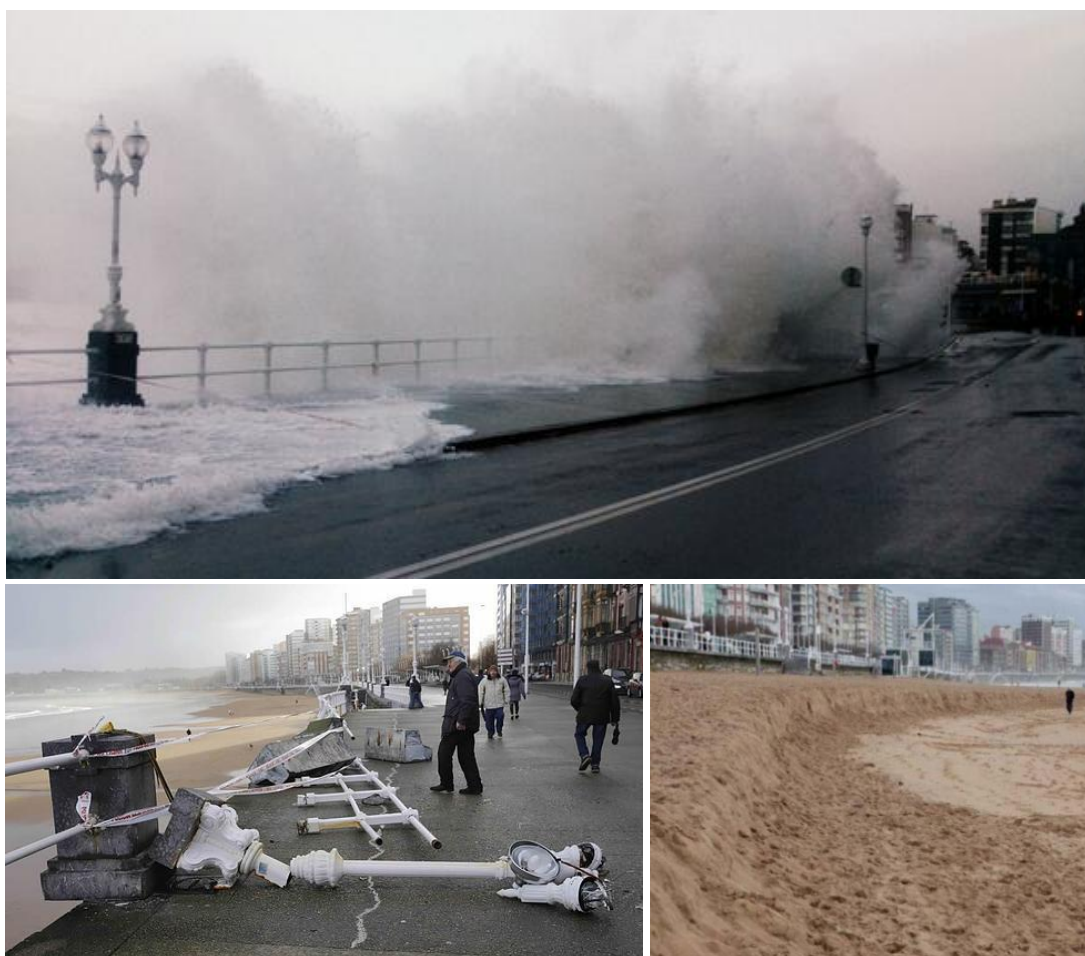


Ilustración 5 - Efectos de los temporales de 2013 y 2014 en la playa de San Lorenzo

Tras estos episodios se realizaron varios trasvases de arena en el año 2014 entre la zona de las escaleras 14 y 15 principalmente, donde existía la mayor parte de playa seca, y las zonas con mayor pérdida de arena, que se localizaron en la escalera 9 y en la parte oriental de la desembocadura del río Piles, conocida como el *Tostaderu*. Este trasvase se ha repetido en los años 2016 y 2018, con episodios de temporales menores pero que también provocaron pérdida de arena.

Como se puede comprobar la playa de San Lorenzo, aunque se encuentra en equilibrio, este no es el adecuado, por lo que no ofrece una capacidad suficiente de disipación ante temporales, los cuales afectan a la cantidad de playa seca existente, suponiendo un problema social y económico por la pérdida de turistas y por los costes de los trasvases y las reparaciones del paseo marítimo. Por lo tanto, se hace necesaria una actuación para conseguir la estabilización de la playa, que se trata en este proyecto.

4. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

En previsión de los efectos de la construcción de la ampliación del puerto de El Musel, en la Declaración de Impacto Ambiental publicada por el Ministerio de Medio Ambiente en el BOE del 24 de enero de 2004, se indica que los resultados de los estudios de dinámica litoral predecían, como consecuencia de la ampliación del puerto, un basculamiento de la playa de San Lorenzo, con pérdida de arena en la parte oriental de la misma y aumento de anchura en la zona de Santa Catalina. Para que las posibles medidas correctoras para recuperar el ancho de la playa fueran eficaces, la Declaración establece la obligatoriedad de realizar una batimetría anterior al comienzo de las obras, así como controlar los posibles cambios en ellas durante la ejecución de los trabajos y en los 5 años posteriores a la finalización. Además, se indicaba la necesidad de elaborar un proyecto de regeneración para proponer una forma en planta como consecuencia de la ampliación.

Haciendo referencia al Estudio de Impacto Ambiental adjunto al proyecto de dicha ampliación, la DIA determinaba que, debido a la ejecución del nuevo dique, la playa de San Lorenzo previsiblemente sufriría un giro del frente en el sentido de las agujas del reloj y una rigidización del perfil, y anunciaba que, si no se aportaba material, probablemente la playa sufriría un retroceso de 40 m en las proximidades de la escalera 12 y un avance en la zona de Santa Catalina, por lo que proponía que para paliar esta situación, y siguiendo las premisas de que ningún punto sufriera retroceso y el avance al oeste se mantuviera o se incrementara, un relleno que era variable, dependiendo de la granulometría, por lo que para un D_{50} de 0,25 mm se necesitaba un volumen de 300.000 m³ y se mantenía el estado morfodinámico de la playa, y para un D_{50} de 0,30 mm se precisaba de 120.000 m³ de arena del mismo tamaño que la existente, aunque se recomendaba un incremento de un 15-20% para tener en cuenta posibles pérdidas.

La Autoridad Portuaria de Gijón le encargó a la Universidad de Cantabria a través de la Fundación Leonardo Torres Quevedo la elaboración de un “Estudio de regeneración de la playa de San Lorenzo” en octubre de 2004. En él se determinaba que el volumen necesario para la regeneración rondaba los 132.000 m³ y, con los datos disponibles, se fijaba una zona al norte del extremo oriental del Dique Norte de la ampliación del puerto (Banco 3 en la ilustración 6) para la obtención de dicho material, ya que cumplía con el huso granulométrico de la playa existente.

Derivado de este estudio, la empresa consultora SENER, Ingeniería y Sistemas, S.A. redactó el primer proyecto de “Regeneración de la Playa de San Lorenzo”, aunque finalmente no se llevó a cabo.

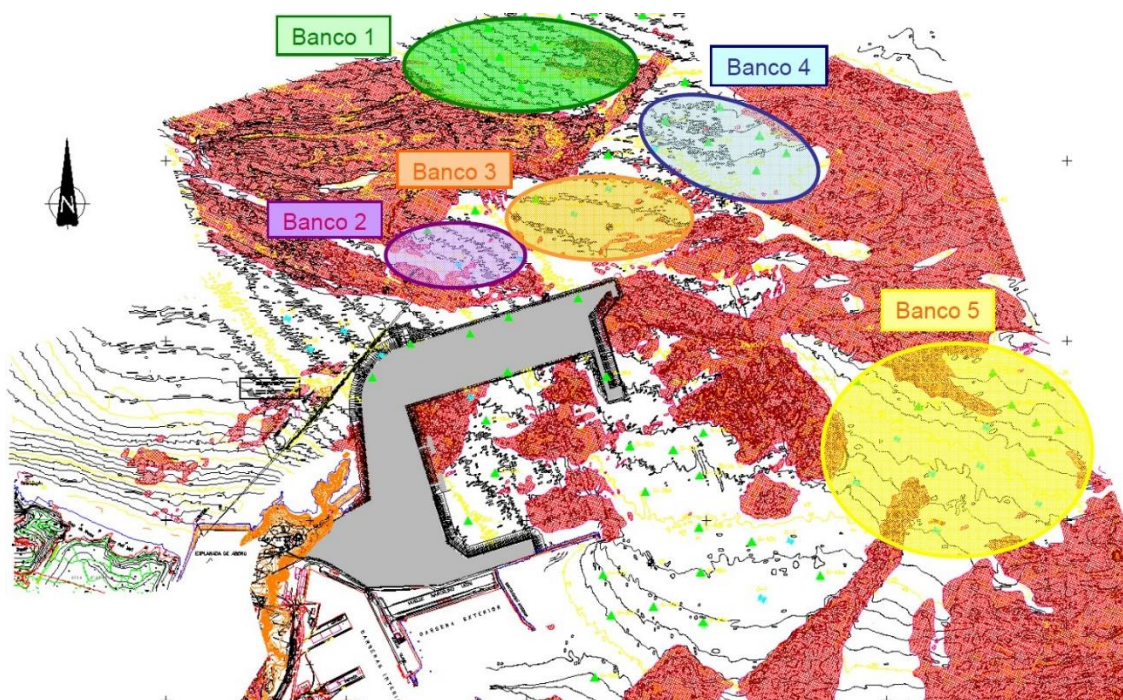


Ilustración 6 - Distintos bancos de arena considerados en el "Estudio de regeneración de la Playa de San Lorenzo"

Tras finalizar la construcción del dique de abrigo de la ampliación de El Musel en el año 2009 y debido a la ocurrencia de un fuerte temporal, la Autoridad Portuaria de Gijón se planteó ejecutar la regeneración de la playa, para lo cual realizó previamente una campaña de caracterización de los sedimentos con el objetivo de asegurar la idoneidad de los señalados en el anterior estudio, pero sin embargo, se constató la no validez de la zona 3, debido a que presenta diferencias granulométricas y de color con las existentes en la playa de San Lorenzo. Ante este hecho y debido a las dificultades para encontrar una zona con arena similar a la natural de la playa, la Autoridad Portuaria encargó un informe al Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH) para realizar un análisis preliminar de la evolución de la playa de San Lorenzo en los últimos años y así compararlo con la evolución prevista en el ya citado "Estudio de la regeneración de la playa de San Lorenzo" de 2004.

En este informe, finalizado en enero de 2010, se constataba el giro en planta previsto en el documento de 2004 y se determinaba una nueva zona para el dragado de la arena a emplear en la regeneración de la playa, situada en la parte más occidental del denominado Banco 1 en la imagen anterior. En esta zona el tamaño de grano medio es de 0,4 mm, algo mayor que el existente, por lo que el volumen necesario descende y que el informe estima en unos 60.000 m³. A partir de este informe, la empresa Ibérica de Estudios e Ingeniería, S.A. (Iberinsa) redactó un nuevo proyecto de regeneración de la playa de San Lorenzo, ajustándose a los nuevos datos disponibles. Sin embargo, en octubre de 2010 tras dragar casi 100.000 m³ y acopiarlos en el muelle norte, se realizó un nuevo análisis de las arenas y se verificó que la granulometría (tamaño medio de 0,53 mm) era superior a la esperada. La Autoridad Portuaria volvió a solicitar un informe al Instituto de Hidráulica Ambiental, que determinó que el uso de ese material modificaría notablemente el comportamiento

morfodinámico de la playa, pasando a tener taludes con pendiente elevada, por lo que se abandonó la idea de su utilización.

Tras finalizar la ampliación del puerto de El Musel, la Autoridad Portuaria solicitó en el año 2012 al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente la exoneración de la obligatoriedad de ejecutar la regeneración de la playa de San Lorenzo incluida en la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de la citada ampliación, argumentado que el arenal se encuentra estabilizado, tras haber girado lo previsto en los estudios previos, y que el aporte de arena provocaría un escalón que podría suponer un peligro para el baño y una dificultad para la práctica de deportes como el surf. Sin embargo, esta exención no fue autorizada, aunque la imposibilidad de encontrar un banco de arena similar a la nativa de la playa tampoco permitió ejecutar el relleno, que se vió necesario tras los temporales ya detallados de 2013 y 2014.

En 2015, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) realizó un estudio a petición de la Autoridad Portuaria de Gijón de la situación de la playa de San Lorenzo tras la ejecución del nuevo dique del puerto, mediante una simulación con una maqueta a escala de la misma. Además, se recalculó de nuevo el volumen de arena necesario para la regeneración de la playa, cifrándose en 100.000 m³, muy similar a las obtenidas en informes anteriores, aunque la incapacidad de hallar una zona para dragar material idéntico al existente, unido a los problemas económicos de la Autoridad Portuaria hacían muy complicado ejecutar estos trabajos a corto plazo.



Ilustración 7 - Maqueta de la playa de San Lorenzo en las instalaciones del CEDEX

En 2018 se firmó un convenio entre el Puerto de Gijón, el Ayuntamiento de esta ciudad y la Universidad de Oviedo para realizar una nueva búsqueda de yacimientos de arena para una posible regeneración de la playa de San Lorenzo. En el informe resultante se indica el hallazgo de dos zonas, principalmente, con material que podría ser compatible con la arena nativa, aunque presentan tamaños algo menores y, además, la localizada en la costa de Gijón presentan una pequeña diferencia de color y la ubicada cerca de Villaviciosa, en la cantidad de conchas. También se hallaron zonas que eran parcialmente compatible, en caso de necesitar otras reservas. Sin embargo, la Autoridad mantiene la posición de que la playa es estable y no necesita aporte de arena, mientras que se siguen produciendo episodios de temporales de características habituales que producen una pérdida de arena que conlleva a realizar trasvases entre zonas de la playa.

Este proyecto propone una solución para estabilizar la playa de tal forma que pueda resistir a los efectos de los temporales sin requerir traslados de material, mejorando el uso de la playa y eliminando, una vez finalizada la actuación, las molestias ocasionadas a la población por los trabajos de maquinaria pesada en el arenal.

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE
LA PLAYA DE SAN LORENZO (GIJÓN)**



<p>ANEJO N°2 - BATIMETRÍA</p>

ANEJO N°2 – BATIMETRÍA

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. BATIMETRÍA DE LA BAHÍA	3
3. BATIMETRÍA DE LA PLAYA DE SAN LORENZO	4
3.1. EVOLUCIÓN	5

1. OBJETO

Este anejo describe las características del relieve submarino en la bahía de Gijón y, más específicamente, el existente frente a la playa de San Lorenzo, ya que es el paso previo para poder estudiar la propagación del oleaje, que se realizará desde profundidades indefinidas con los datos de la boya de Gijón, y así conocer las características del mismo incidente en la playa, así como las corrientes generadas, que son las causantes del transporte de sedimentos en el área de estudio, imprescindible para poder definir una solución efectiva.

2. BATIMETRÍA DE LA BAHÍA

Los fondos sumergidos en la bahía de Gijón se caracterizan por estar constituida por una plataforma donde se alternan afloramientos rocosos con recubrimientos sedimentarios, los cuales presentan espesores de mayor potencia en primitivos valles fluviales que se formaron durante la etapa de retirada del nivel del mar en el Pleistoceno Superior y se rellenaron al estabilizarse el nivel del mar en el Holoceno medio. En estos fondos someros los agentes dinámicos presentes se restringen al oleaje y a las corrientes que únicamente son capaces de movilizar partículas en la capa superficial generando ripples.

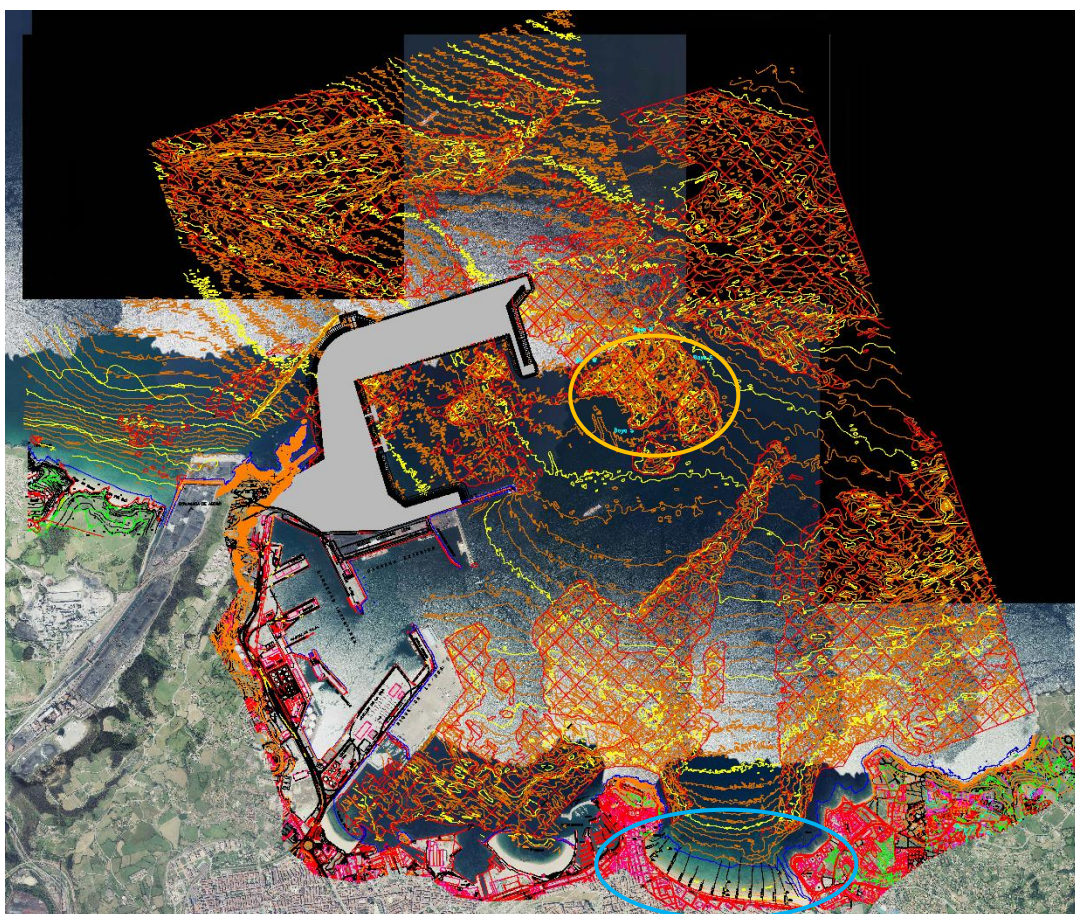


Ilustración 1 - Batimetría general de la Bahía de Gijón

La batimetría de esta zona es irregular, aunque con una tendencia a isobatas orientadas en dirección E-O, con un ligero giro en sentido horario, y, según se van acercando a la costa, tienden a hacerse paralelas a esta, tal y como se muestra en la imagen anterior con las polilíneas marrones y amarillas. Como elemento destacable en la propagación del oleaje hacia la playa de San Lorenzo (marcada con un círculo azul en la ilustración anterior) se puede citar el puerto de el Musel, principalmente la última ampliación, realizada entre 2005 y 2012, y sombreada en gris en la imagen. También influye en la dinámica litoral el bajo de Las Amosucas, situado al norte del Cerro de Santa Catalina, y al este de la dársena de la citada ampliación, y marcado con un círculo naranja en la imagen previa; al igual que las afloraciones rocosas, señaladas con un sombreado de cuadros rojos. La batimetría incluida en esta ilustración se corresponde a los datos existentes en 2001, por lo que existen algunas diferencias con la ortofoto de fondo, tomada en 2018.

3. BATIMETRÍA DE LA PLAYA DE SAN LORENZO

La playa de San Lorenzo se encuentra en el fondo de saco de un canal central sensiblemente paralelo al frente de la costa, donde han sedimentado materiales granulares, flanqueado a ambos lados por afloramientos del sustrato rocoso. Según se acercan a la playa, las isóbatas cada vez son más regulares y paralelas a la línea de costa. Sin embargo, en las áreas rocosas cerca de la Punta del Cervigón y el Cerro de Santa Catalina, al este y oeste, respectivamente del arenal, la batimetría es algo más irregular.

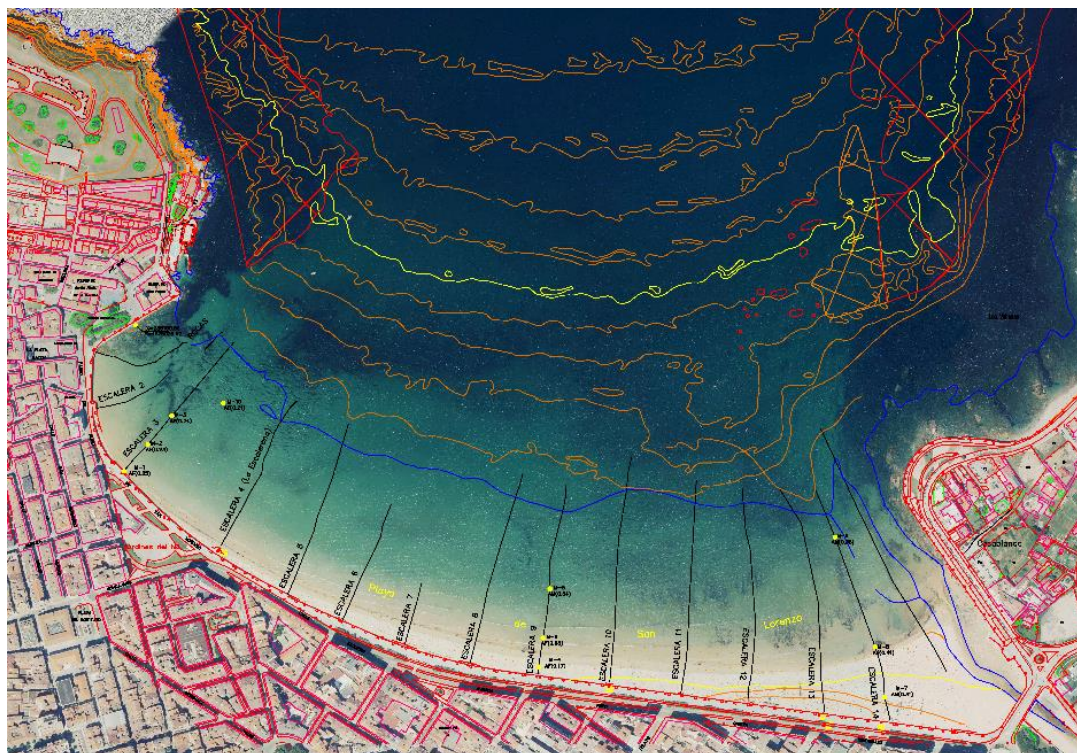


Ilustración 2 - Batimetría de detalle de la playa de San Lorenzo

3.1. EVOLUCIÓN

En este apartado se indican los resultados obtenidos en distintos estudios realizados a lo largo de los años de la batimetría de la playa de San Lorenzo y sus variaciones.

Entre los años 2001 y 2006, previos a la ejecución de la ampliación del puerto de El Musel, se registró un balance positivo de acumulación de arena en casi toda la playa seca y parte de la zona intermareal, principalmente en la zona de la desembocadura del río Piles, tal y como se puede comprobar en la siguiente imagen, mientras que en la zona sumergida presentó una ligera erosión.

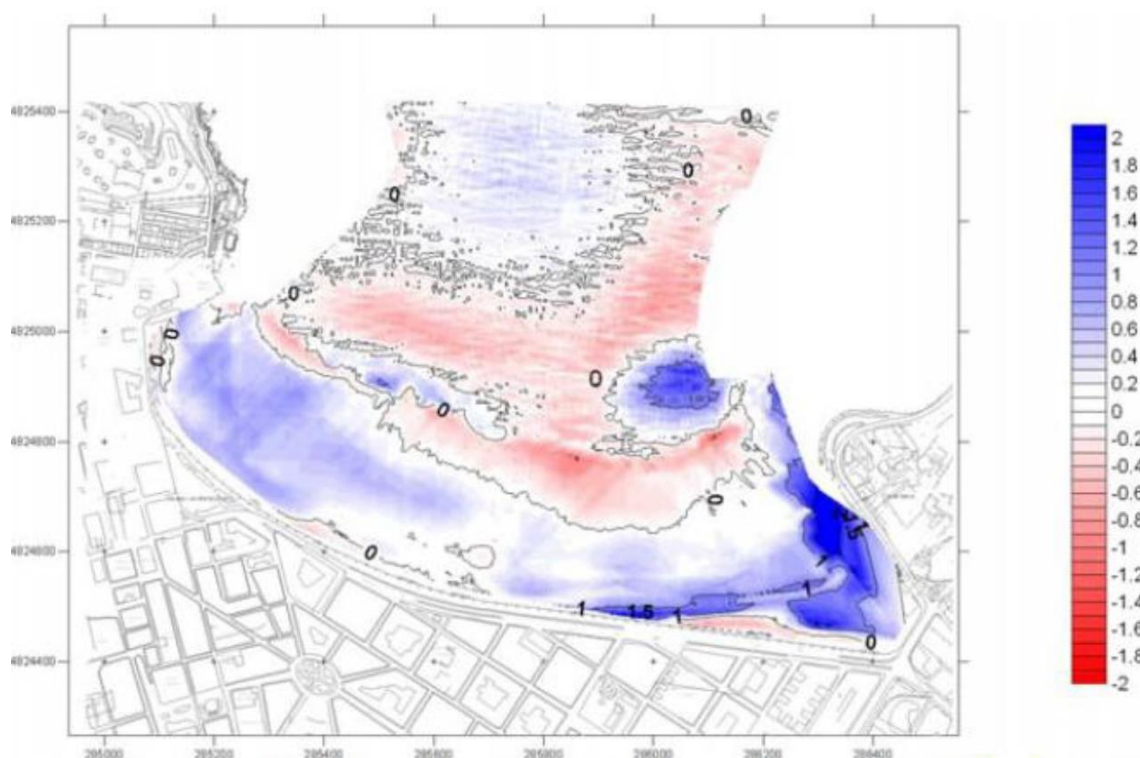


Ilustración 3 - Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre 2001 y 2006



Ilustración 4 - Imágenes de satélite de la playa de San Lorenzo en 2001 (izquierda) y en 2006 (derecha)

Entre el 2006 y el 2007 la playa sufrió varios temporales que erosionaron de forma general toda la playa, a excepción de los extremos este y oeste y una zona en la mitad este, como se puede observar en las siguientes imágenes.

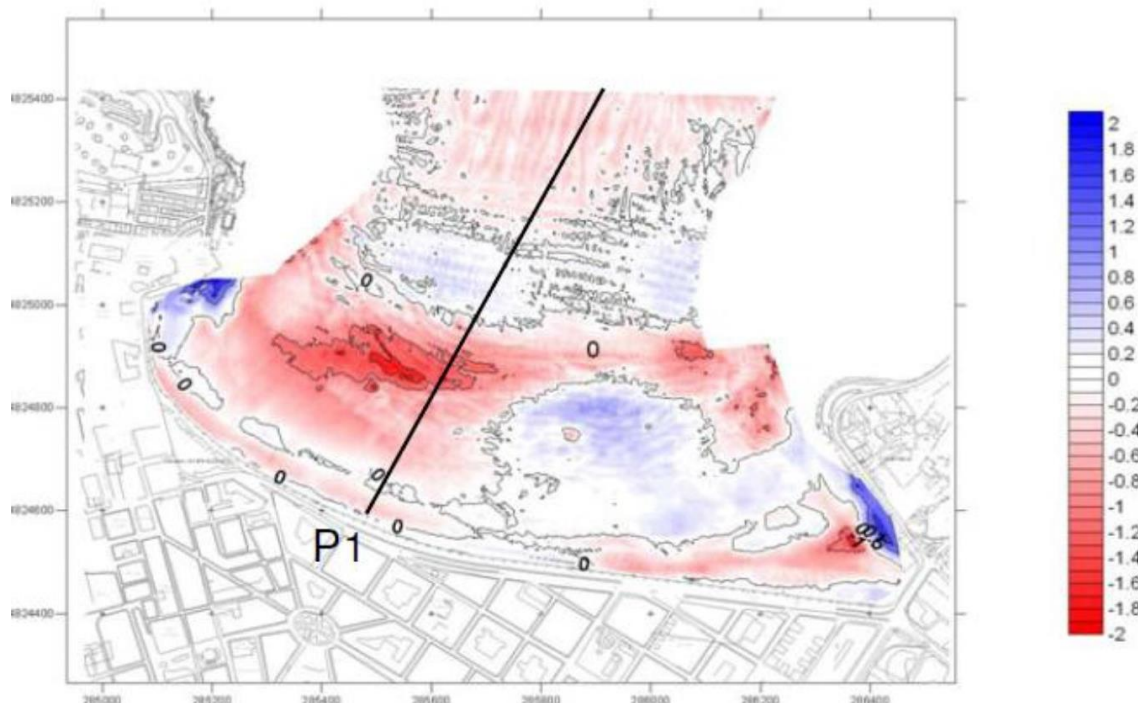


Ilustración 5 - Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre 2006 y 2007

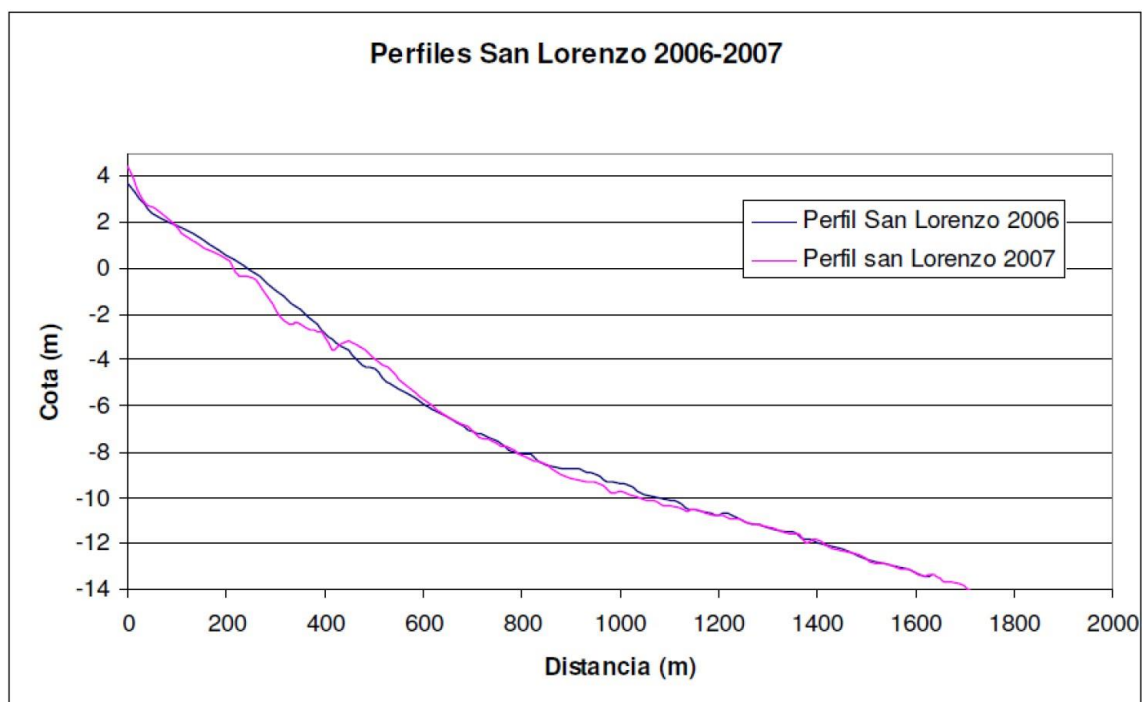


Ilustración 6 - Comparación del perfil de la playa entre 2006 y 2007

Si se combinan los datos, para el periodo entre 2001 y 2007, se observa que la playa experimentó una acumulación de arena en casi toda la playa seca particularmente en ambos extremos, excepto en las escaleras 5-6 y las 12-13, mientras que en la zona intermareal y la sumergida fue predominante la erosión, como se muestra en las siguientes imágenes.

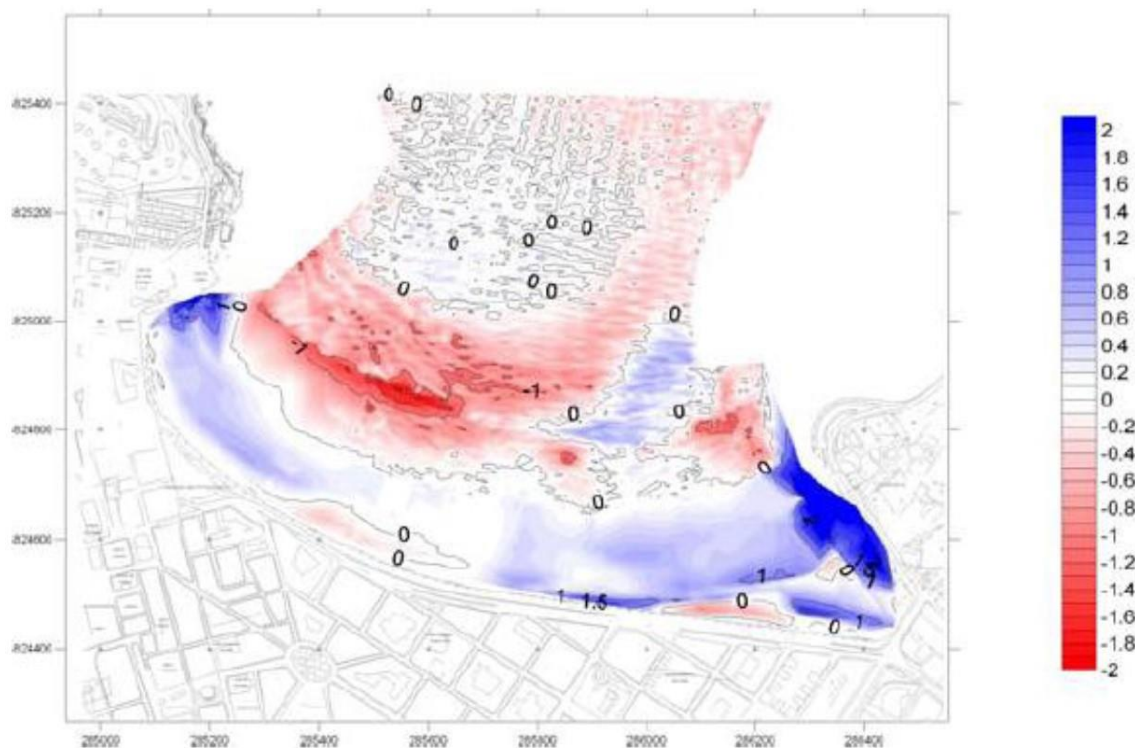


Ilustración 7 -Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre 2001 y 2007

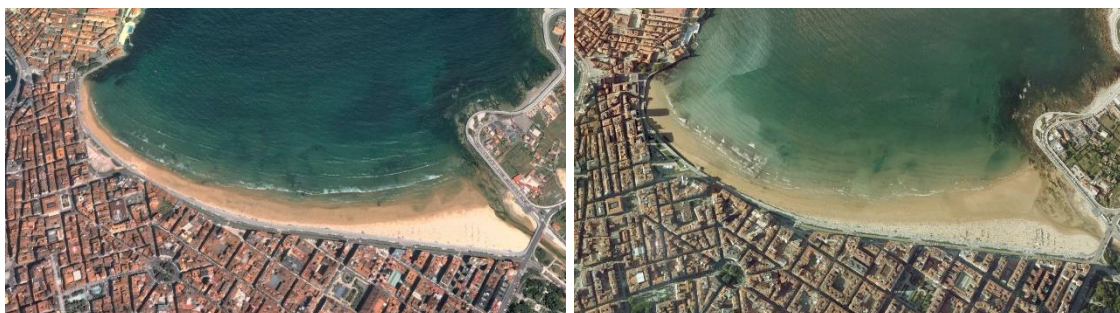


Ilustración 8 - Imágenes de satélite de la playa de San Lorenzo en 2001 (izquierda) y en 2007 (derecha)

Entre 2007 y 2008, únicamente hubo acumulación de arena en la parte alta de la playa, junto al paseo marítimo, y en la zona oeste de la playa intermareal, mientras que en el resto de las zonas hubo erosión o no presentó variación, tal y como se puede comprobar en la siguiente imagen.

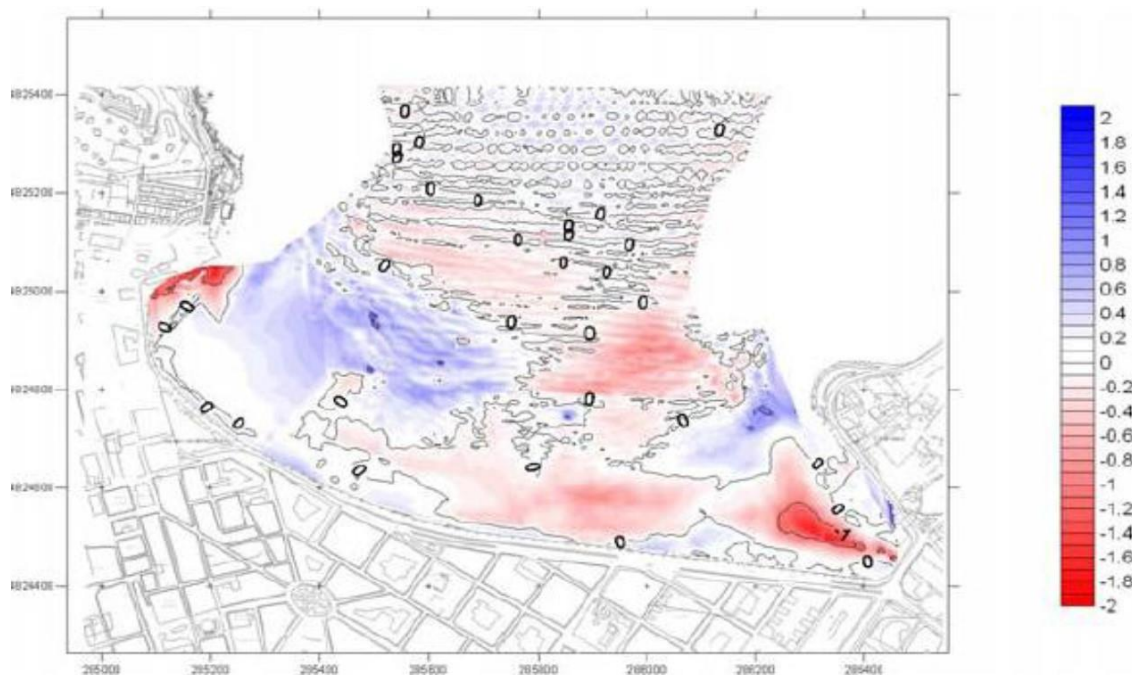


Ilustración 9 - Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre 2007 y 2008

Si nos centramos en la variación entre 2008 y 2009, se puede observar la influencia de los temporales en la batimetría, acumulándose arena en la parte alta de la playa y en la parte baja del perfil, mientras que en la parte central se produce erosión, dando lugar a un perfil más reflejante, tal y como se muestra en las siguientes imágenes.

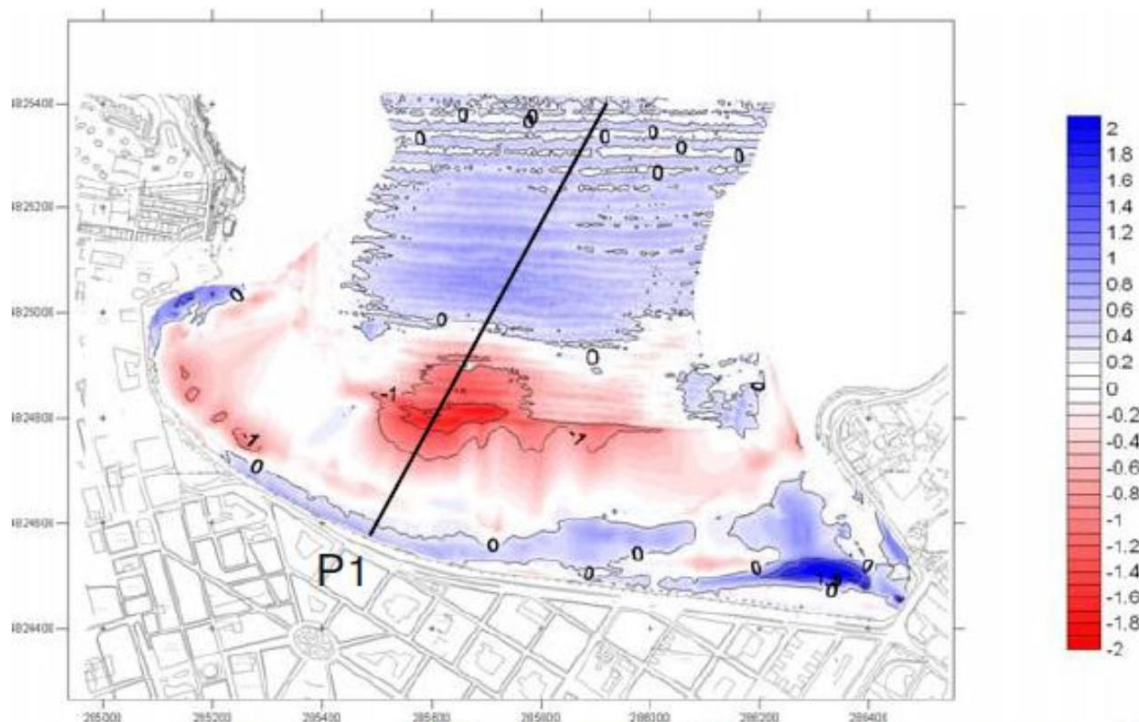


Ilustración 10 - Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre 2008 y 2009

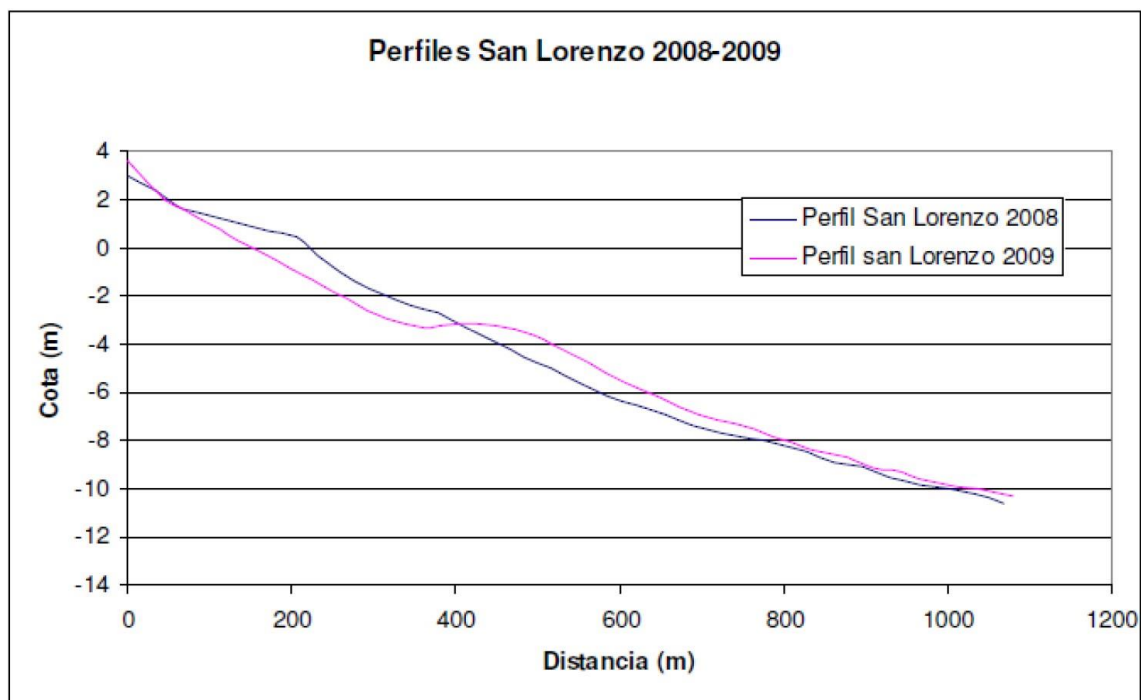


Ilustración 11 - Comparación del perfil de la playa entre 2008 y 2009

Un elemento destacable de este período es la gran acumulación producida en la desembocadura del río Piles, debido al desplazamiento hacia el este del curso de agua, empujado por las olas de los temporales, y provocando la acumulación de arena en la zona anteriormente ocupada por el río, tal y como se puede observar en la siguiente imagen.

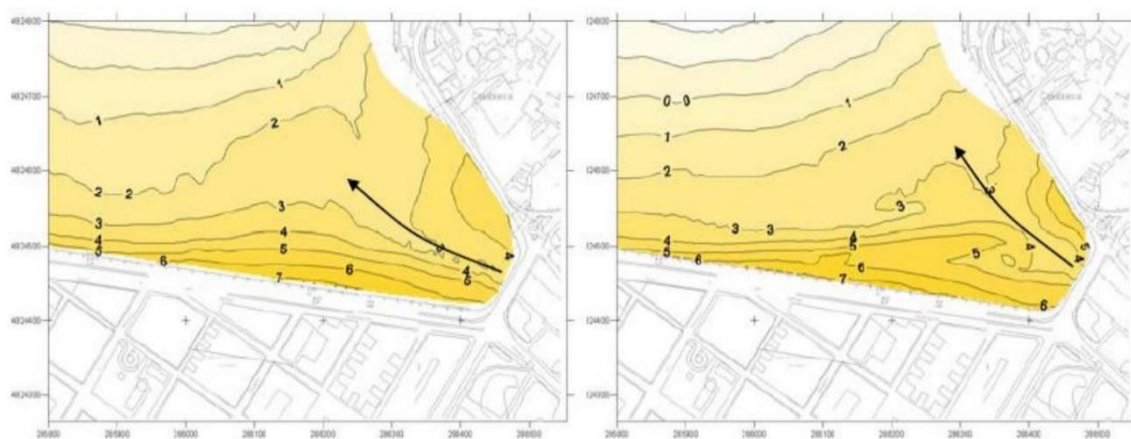


Ilustración 12 - Variación de la batimetría en la desembocadura del río Piles entre 2008 (izquierda) y 2009 (derecha)

Si se combinan los datos entre 2007 y 2009, se nota marcadamente la influencia de los temporales anteriormente citados, en la variación de la batimetría, por lo que la imagen siguiente es bastante similar a la ilustración 10 de la página anterior.

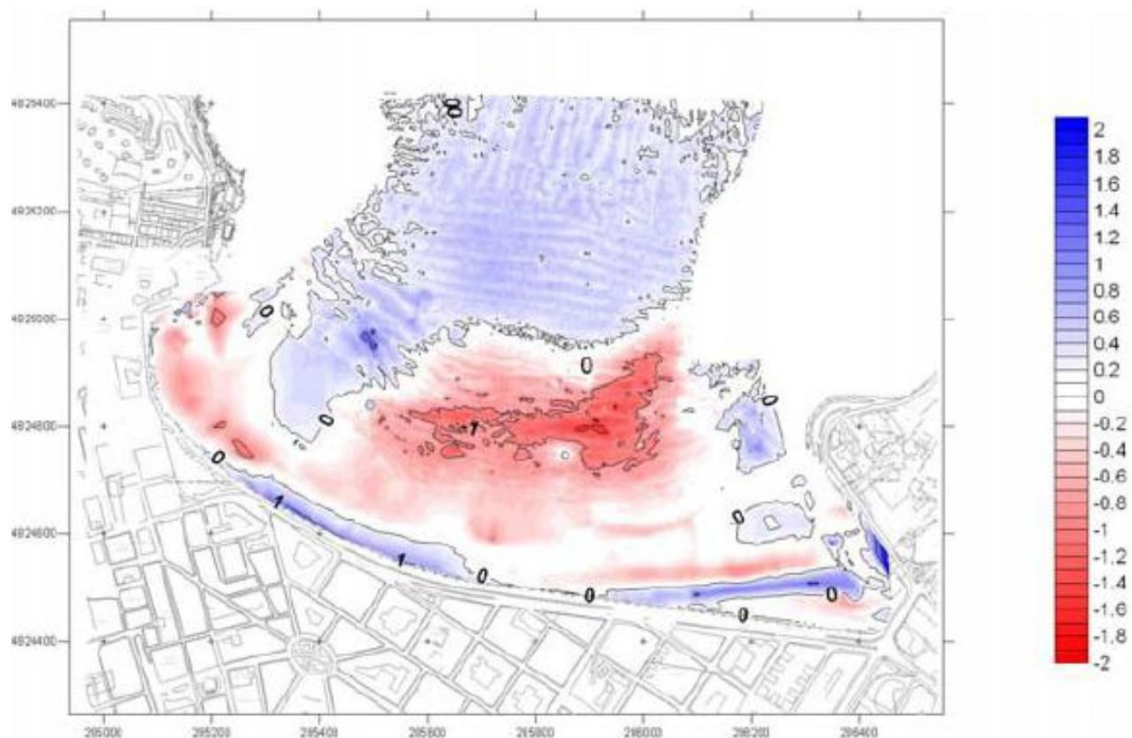


Ilustración 13 - Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre 2007 - 2009

Como se puede comprobar en la ilustración 15 incluida en la página siguiente, la evolución de la morfología de la playa seca ha cambiado a lo largo de los años, sin seguir un patrón definido, ya que, como se ha comentado, depende de las condiciones de oleaje y los temporales que se produzcan. Sí que se puede observar una banda en la que habitualmente se mueve el límite de la playa seca, aunque siempre existen años excepcionales como puede ser 1992.

Otros años excepcionales en términos de variación de volumen de arena/contorno de playa emergida, fueron 2013 y 2014, debido a los temporales inusuales que sucedieron. Las olas, algunas de más de 8 metros, provocaron una pérdida importante y generalizada de arena en toda la playa de San Lorenzo, e incluso daños en el paseo marítimo. Esta situación generó una alarma social importante, y el Ayuntamiento y la Autoridad Portuaria decidieron controlar exhaustivamente la evolución de la batimetría.



Ilustración 14 - Temporal de 2014 en la playa de San Lorenzo

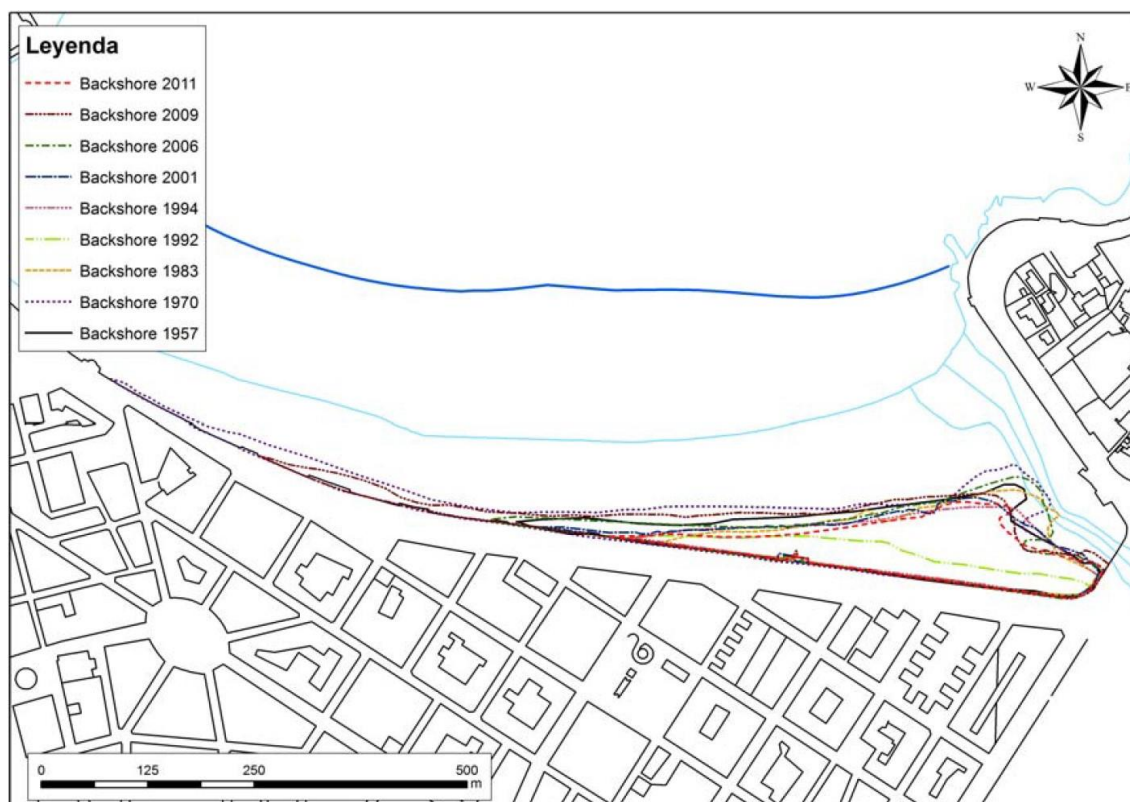


Ilustración 15 - Evolución de los contornos de playa seca

Comparando la batimetría de la playa entre 2014 y 2015, se comprueba que hubo erosión en la parte central de la playa y cerca de la desembocadura, y acumulación de arena en el resto, tal y como se puede comprobar en la siguiente imagen.

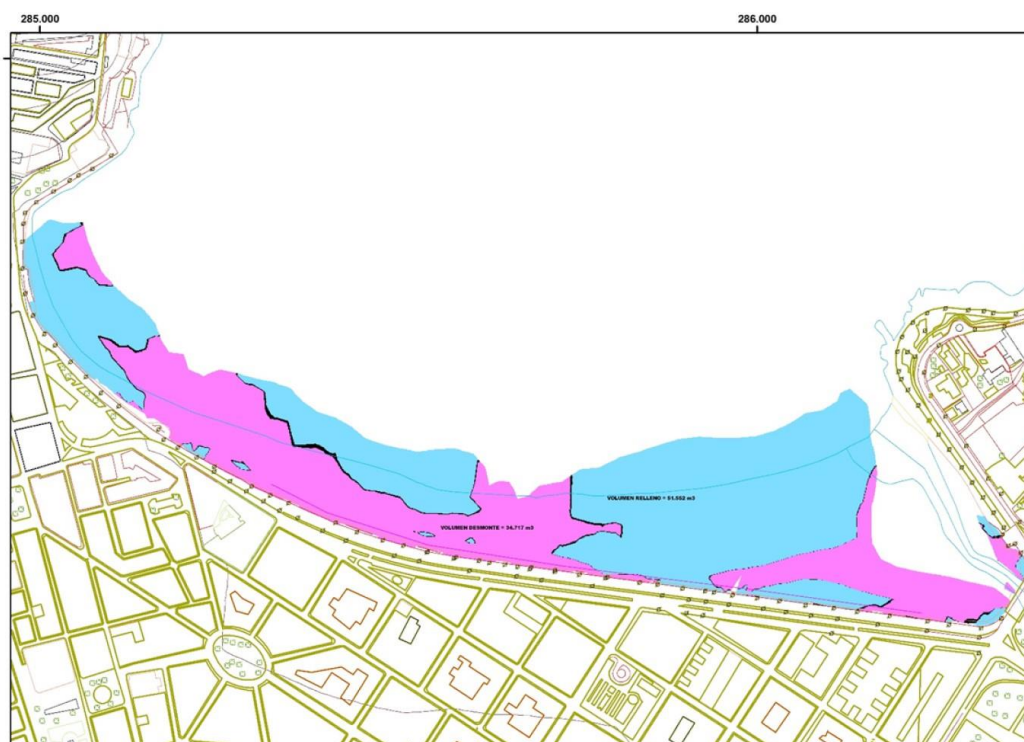


Ilustración 16 - Balance sedimentario indicando erosión (rosas) y acumulación (azules) entre 2014 - 2015

Si se compara la topografía de la playa de 2015 con la de enero de 2018 se puede observar una ganancia de arena casi generalizada, exceptuando el lado oeste, algunas pequeñas áreas centrales en la parte baja de la playa seca, en la zona de las escaleras 12 y 13, y junto al puente sobre el río Piles, tal y como se puede comprobar en la siguiente imagen.

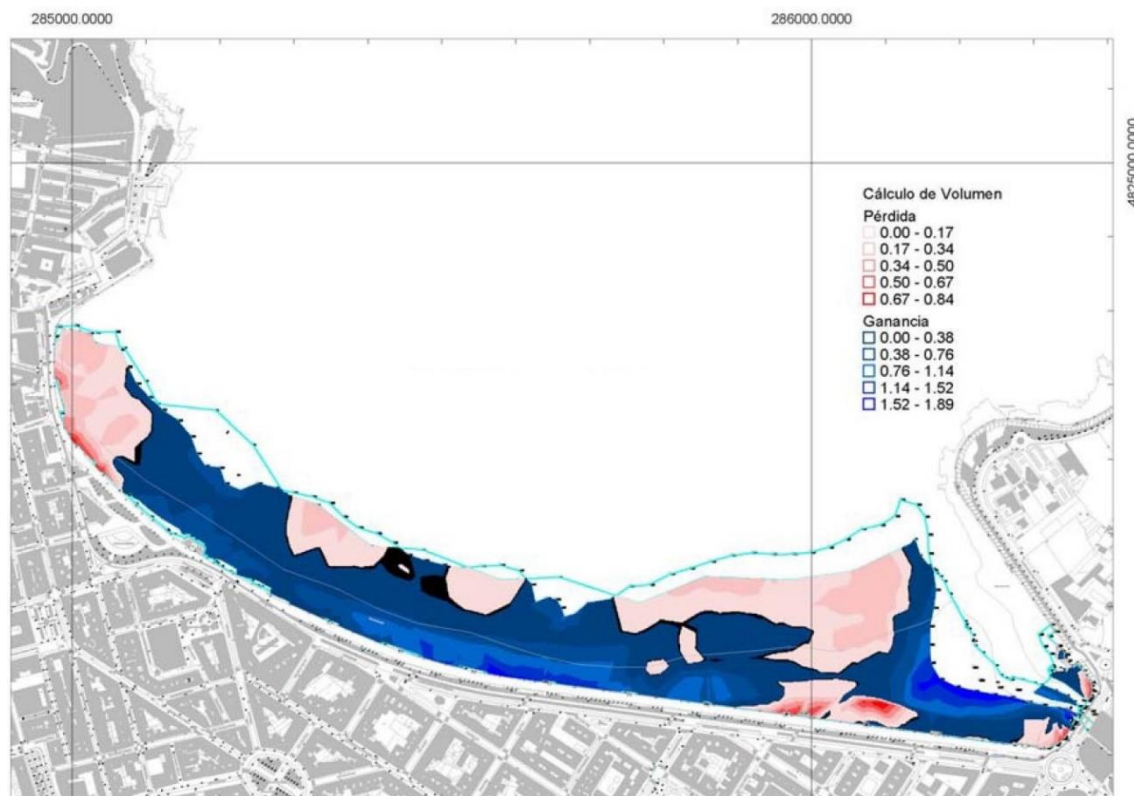


Ilustración 17 - Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre 2015 - 2018

Tras realizar el levantamiento topográfico en enero de 2018, se sucedieron varios temporales de cierta intensidad, por lo que en mayo de ese mismo año se volvió a realizar un control de la playa, observándose una pérdida de arena en gran parte de la playa excepto en el extremo occidental, frente a las escaleras 4 (La Escalerona), 5 y 6, en algunas zonas centrales de la parte baja de la playa seca y junto a la desembocadura del río Piles, como se muestra en la ilustración 18.

Como se puede comprobar, el volumen de sedimento presente en la playa depende de los temporales que sucedan, ya que de forma natural el arenal tiende a acumular material, incrementándose la superficie de playa seca y adquiriendo un perfil disipativo, con pendiente suave y uniforme, mientras que si se dan situaciones meteorológicas adversas, el perfil se vuelve reflejante, aumentando la pendiente y generando una barra longitudinal, provocando una disminución del volumen de arena y de la playa seca disponible, lo que supone un problema social y económico para la ciudad. Para evitar los trasvases de arena entre zonas de la playa mencionados en el Anejo nº1, se propone el aporte de arena definido en este proyecto, con el objetivo de que en situaciones usuales de oleaje, se mantenga un mínimo de playa emergida

que permita un uso habitual de la misma, ya que podrá reponer arena de manera natural, sin requerir intervenciones posteriores.

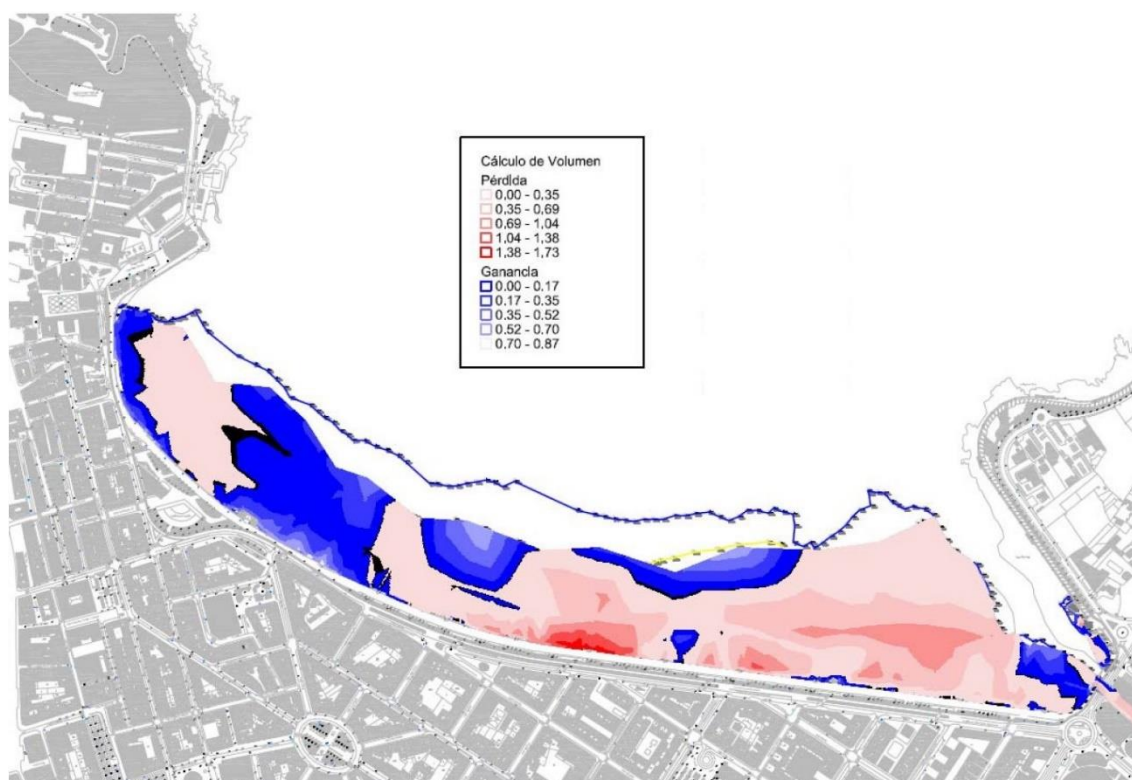


Ilustración 18 - Balance sedimentario indicando erosión (rojos) y acumulación (azules) entre enero y mayo de 2018

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE
LA PLAYA DE SAN LORENZO (GIJÓN)**



ANEJO N°3 - GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ANEJO Nº3 – GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. GEOLOGÍA	3
3. GRANULOMETRÍA DE LA PLAYA DE SAN LORENZO	7
ANEXO 1	10
ANEXO 2	20

1. OBJETO

Este anejo describe las características de las formaciones geológicas presentes en la bahía de Gijón, así como las propiedades geotécnicas y granulométricas de la arena existente en la playa de San Lorenzo, con el objetivo de conocer los requisitos exigibles para realizar un aporte de material de estabilización de la misma.

2. GEOLOGÍA

La geología de Asturias presenta una alta diversidad y riqueza, lo que supone una de las claves del importante medio natural del Principado. La variedad se debe a la heterogeneidad de las rocas que conforman el sustrato y al potente relieve que forma multitud de ambientes geomorfológicos, desde los correspondientes a la cordillera hasta los del litoral cantábrico.

La base geológica de Asturias se encuentra formada esencialmente por materiales de la época paleozoica que descansan sobre un sustrato previo conformado por rocas precámbricas. Todos estos materiales han sido moldeados a lo largo de la Orogénesis Herciniana, que tuvo lugar en el transcurso del periodo Carbonífero. Esta etapa orogénica originó una importante cordillera que está ubicada en el Macizo Herciniano Ibérico, cuya parte norte se estructura en una forma curvada, llamada Arco Asturco o Rodilla Astúrica.

Como resultado de la historia geológica y geomorfológica, existe una gran diversidad en las características del sustrato y el relieve de Asturias. De forma resumida, se pueden localizar las siguientes subregiones:

- Litoral y rasas costeras: Se extiende por casi toda la costa asturiana, incluyendo la ciudad de Gijón, pero exceptuando los alrededores de Avilés. Se puede distinguir una subunidad entre Ribadesella y Llanes, aproximadamente, donde se localizan macizos cársticos. En la parte occidental, los acantilados y las rasas se excavan sobre rocas silíceas, principalmente cuarcitas, que dan lugar a fuertes relieves. En el área central y oriental, la costa es generalmente más baja, con presencia de sustratos mesozoicos, dando lugar a acantilados más inestables y depósitos de material arenoso.
- Subregión occidental: Ubicada en el oeste de Asturias, se diferencian algunas zonas de paleorrelieves continentales en la franja central de la subregión, así como una zona de unidad glacial al sur, junto a la frontera con Castilla y León.
- Subregión central: Esta extensa unidad presenta algunos macizos cársticos entre Mieres y La Plaza, así como entre Pola de Somiedo y el límite autonómico al sur, mezclada en esta zona con la unidad glacial, que se extiende en una franja al sur.
- Picos de Europa - Sierras calcáreas del Oriente: Se extiende al este de la subregión anterior hasta la frontera con Cantabria, presenta igualmente una unidad glacial al sur.

- **Cobertera mesozoico-terciaria:** Ubicada al norte de la subregión central, se extiende entre Cangas de Onís hasta la costa avilesa, pasando por Oviedo y Villaviciosa.

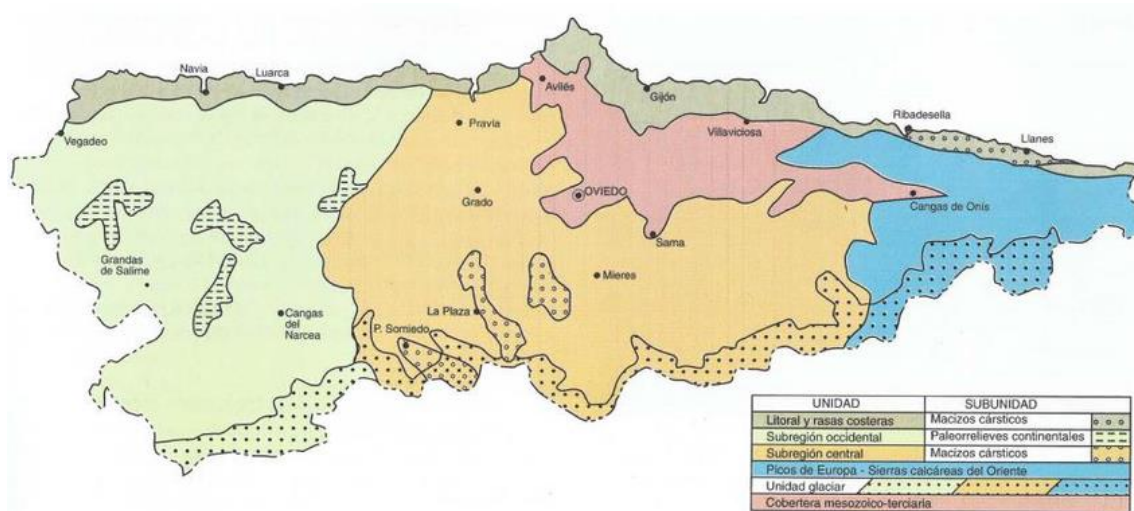
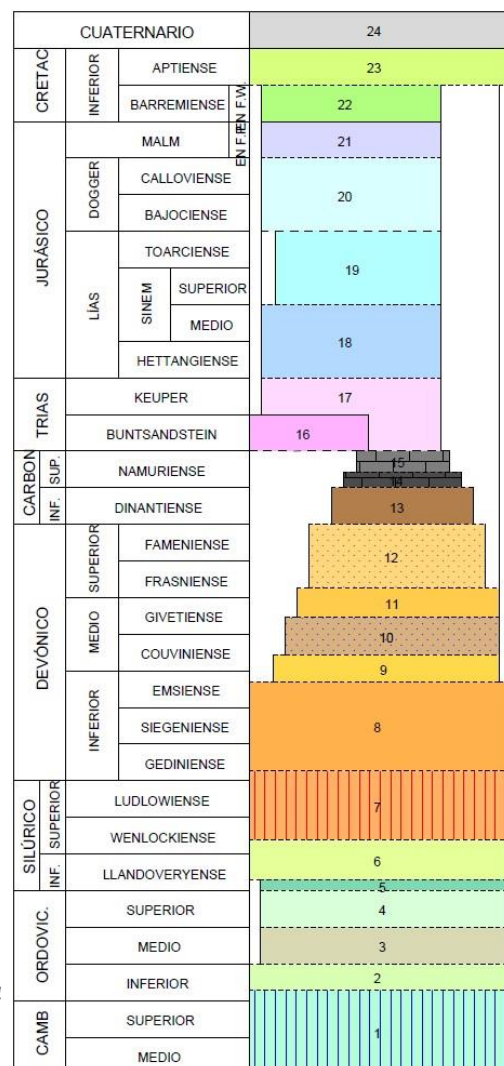


Ilustración 1 - Unidades geológicas de Asturias

Si nos fijamos en la hoja del mapa geológico, incluida en la página siguiente, del municipio de Gijón, donde está ubicada la playa de San Lorenzo, se observan materiales jurásicos (principalmente calizas pisolíticas, margas, arcillas negras, vinosas y amarillentas, areniscas, dolomías y conglomerados silíceos) en la parte oriental y en la central, rodeando los depósitos del cuaternario existentes al norte, incluida la citada playa. En la parte occidental se mezclan materiales del Devónico (calizas, dolomías, margas, areniscas ferruginosas, calizas arrecifales y areniscas) con algunos más actuales del Carbonífero (caliza oscura y secesiones turbidíticas) y del Cretácico (calizas, arcillas y areniscas), y con presencia de algunos materiales previos del Ordovícico (cuarcitas blancas, pizarras oscuras y sucesiones vulcano-detriticas) y del Silúrico (pizarras negras y areniscas ferruginosas).

El fondo marino más cercano a la costa de Gijón está conformado por rocas con relieve y por rasa erosiva, como se puede comprobar en la Ilustración 4.

Ilustración 2 - Leyenda correspondiente a la Hoja 14 del Mapa Geológico de España (pág. sig.)



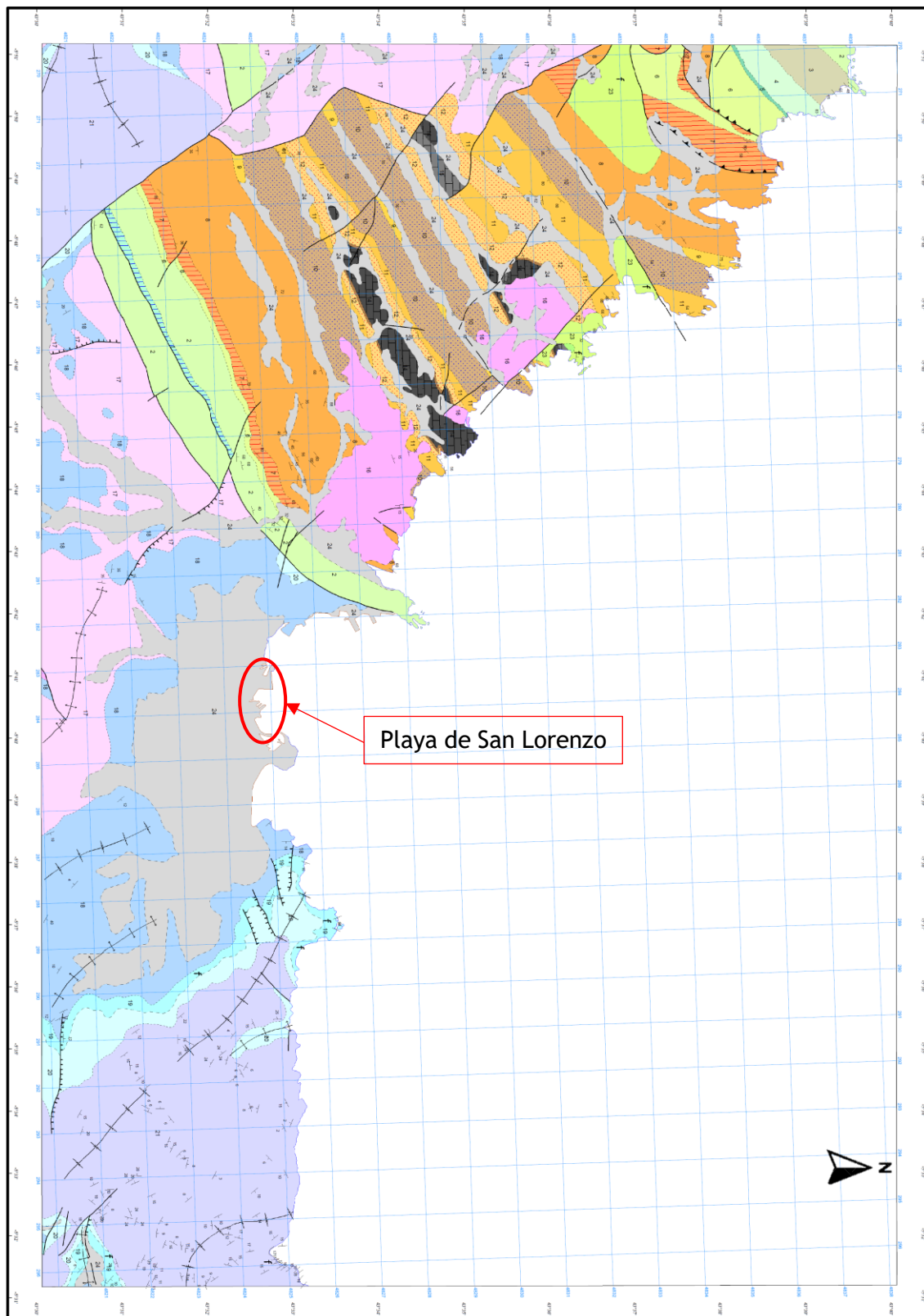


Ilustración 3 - Mapa geológico de Gijón realizado por el Instituto Geológico y Minero Español (IGME)

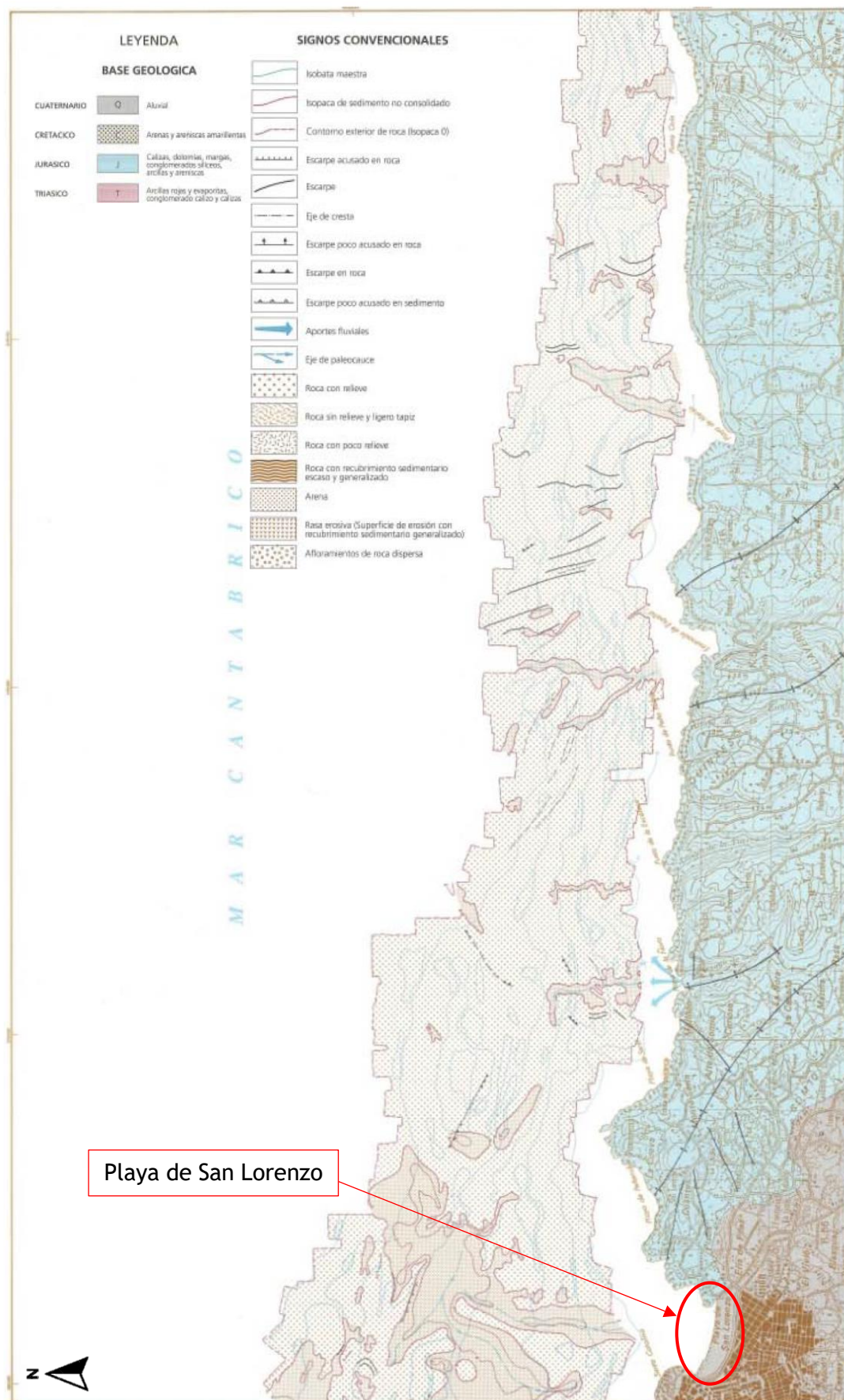


Ilustración 4 - Cartografía del fondo rocoso y sedimentario de la plataforma continental interna en la costa de Gijón

3. GRANULOMETRÍA DE LA PLAYA DE SAN LORENZO

En un proyecto de estabilización de una playa, uno de los factores más importantes a determinar son las características de la arena existente en el lugar de actuación, principalmente las referidas a composición, tamaño y distribución del material.

Para este proyecto se cuenta con un informe realizado entre 2001 y 2002 para la ampliación del puerto de El Musel. En este estudio se tomaron 10 muestras de arena repartidas en la playa, 3 en la Escalera 3, 1 entre la Escalera 3 y 4, 3 en la Escalera 9 y otros 3 en la Escalera 14.

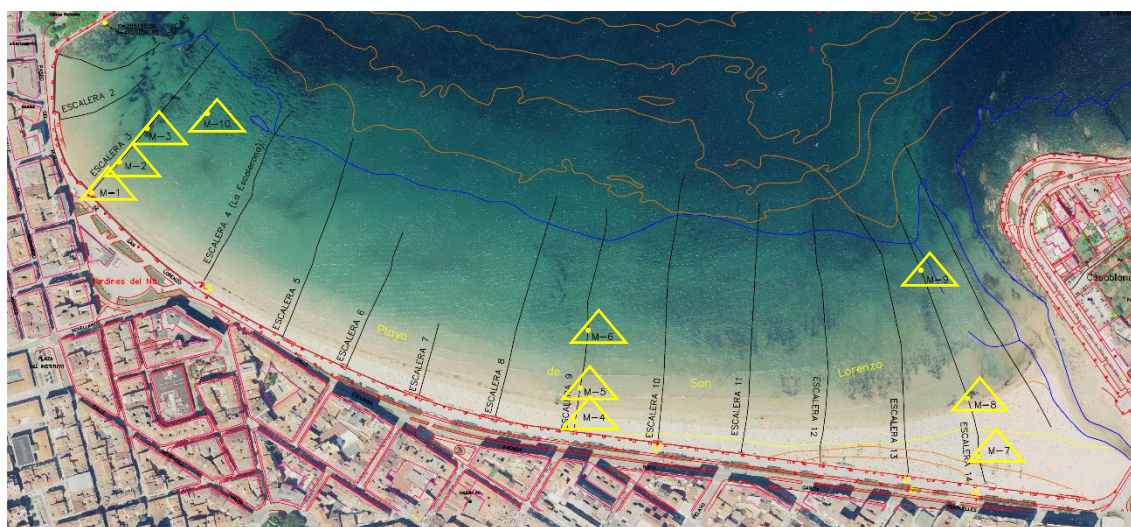


Ilustración 5 - Localización de los puntos de donde se obtuvieron las muestras para el estudio

Los resultados detallados de los análisis granulométricos se encuentran en el Anexo 1 para los correspondientes a los realizados en agosto de 2001 y en el Anexo 2 para los correspondientes a abril de 2002.

De forma resumida se pueden destacar las siguientes características extraídas del estudio de 2001:

- Las muestras M-1, M-4 y M-7, situadas en la playa seca al oeste, en el centro y al este, respectivamente, en cotas entre la +3,5 y +5 m, se corresponden con arenas finas con un tamaño medio D_{50} de 0,23 y 0,26 mm
- Las muestras M-2 y M-8, localizadas en el frente de playa en la línea de las escaleras 3 y 14, respectivamente, entre las cotas +2 y +2,7 m, se identifican como arenas finas con un D_{50} entre 0,23 y 0,29 mm. Por el contrario, la muestra de la escalera 9, la M-5, se trata de una arena media con un D_{50} de 0,34 mm
- Las muestras M-6 y M-9, ubicadas en la zona submareal a la cota +1, en la zona central y al este de la playa respectivamente, se clasifican como arenas medias, con tamaños D_{50} entre 0,29 y 0,34 mm, mientras que la

muestra M-3 del oeste de San Lorenzo, se clasifica como arena fina con un D_{50} de 0,27 mm

- Todas las muestras presentan un bajo contenido de finos, entre el 1,4 y 2,9%

A continuación se indican las principales diferencias existentes con el informe de 2002:

- La muestras M-7, situada en la playa seca al este, se corresponde en este caso con una arena media con un tamaño medio D_{50} de 0,31 mm
- La muestra de la escalera 9, la M-5, se trata según este informe de una arena fina con un D_{50} de 0,23 mm. La muestra M-8, localizada en el frente de playa en la línea de la escalera 14, se identifica en este caso como arena gruesa con un D_{50} de 0,41 mm
- Se añade una muestra M-10, ubicada en la playa sumergida entre la escalera 3 y la 4, clasificandose como arena fina con un D_{50} de 0,21 mm
- En este estudio se han obtenido contenidos de finos mayores, generalmente entre el 1,5 y el 4,3%, excepto en las muestras M-3 y M-4, donde se halló un 6,1 y un 10,1%, respectivamente.

En 2009, previamente al dragado de arena con el objetivo de ejecutar la regeneración de la playa determinada en la DIA de la ampliación del puerto de El Musel, se realizó un nuevo estudio para contrastar los datos de las campañas de 2001 y 2002. Las características obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Playa	D_{84}	D_{50}	D_{16}	Φ_{84}	Φ_{50}	Φ_{16}	σ_{Φ}	M_{Φ}
Seca	0,17	0,33	0,47	2,55	1,61	1,09	0,73	1,75
Intermareal	0,16	0,32	0,47	2,65	1,65	1,09	0,78	1,80
Submareal	0,22	0,35	0,50	2,20	1,53	1,01	0,60	1,58
Media	0,18	0,33	0,48	2,47	1,60	1,06	0,70	1,71

El IH Cantabria encargó un análisis mineralógico de la zona intermareal de la playa, por el que se conoce que el 90% se corresponde con bioclastos como gasterópodos, bivalcos, esponjas y equinodermos muy fragmentados y angulosos, el 5% se trata de roca metamórfica fracturada, el 4% es cuarzo y el 1% restante es una mezcla de materiales pesados y angulosos. La selección de la playa se determinó como moderadamente buena, el grano es mayormente elongado y algo esférico, con un grado de redondez anguloso y subanguloso.

Para el estudio de posibles yacimientos válidos para la regeneración de la playa de San Lorenzo, realizado por la Universidad de Oviedo, se realizó un nuevo análisis granulométrico de la arena en tres puntos de la playa seca y otros tres en la zona intermareal, uno para la zona oeste, otro para la central y otro para la este, además de un punto en la zona conocida como el Tostaderu (al este de la desembocadura del río Piles) y otro en el cauce del citado río. Los resultados obtenidos se incluyen en la siguiente tabla:

Parámetro	Central_I	Cent_S	Oeste_I	Oeste_S	Este_I	Este_S	Tostaderu	Rio Piles
C (Φ)	0,52	1,01	0,66	0,46	0,06	1,02	-0,60	0,56
P ₅ (Φ)	0,79	1,27	1,54	1,14	0,63	1,51	0,62	1,17
P ₁₆ (Φ)	1,19	1,65	2,03	1,84	1,10	1,79	1,31	1,62
P ₂₅ (Φ)	1,42	1,84	2,15	2,08	1,34	2,00	1,59	1,79
P ₅₀ (Φ)	1,91	2,19	2,46	2,45	1,85	2,24	2,08	2,14
P ₇₅ (Φ)	2,40	2,46	2,75	2,74	2,28	2,47	2,42	2,39
P ₈₄ (Φ)	2,60	2,63	2,85	2,84	2,44	2,64	2,59	2,48
P ₉₅ (Φ)	2,90	2,89	2,97	2,97	2,80	2,91	2,89	2,84
MEDIA Mz (Φ)	1,90	2,16	2,45	2,38	1,80	2,22	1,99	2,08
TAMAÑO	Arena media	Arena fina	Arena fina	Arena fina	Arena media	Arena fina	Arena media	Arena fina
TIPO ANGULOSIDAD	Platicúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Mesocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica	Leptocúrtica
MEDIA MZ (mm)	0,27	0,23	0,18	0,19	0,29	0,22	0,25	0,24
D ₅₀ (Φ)	1,91	2,18	2,44	2,44	1,84	2,23	2,08	2,13

ANEXO 1

RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGOSTO DE 2001

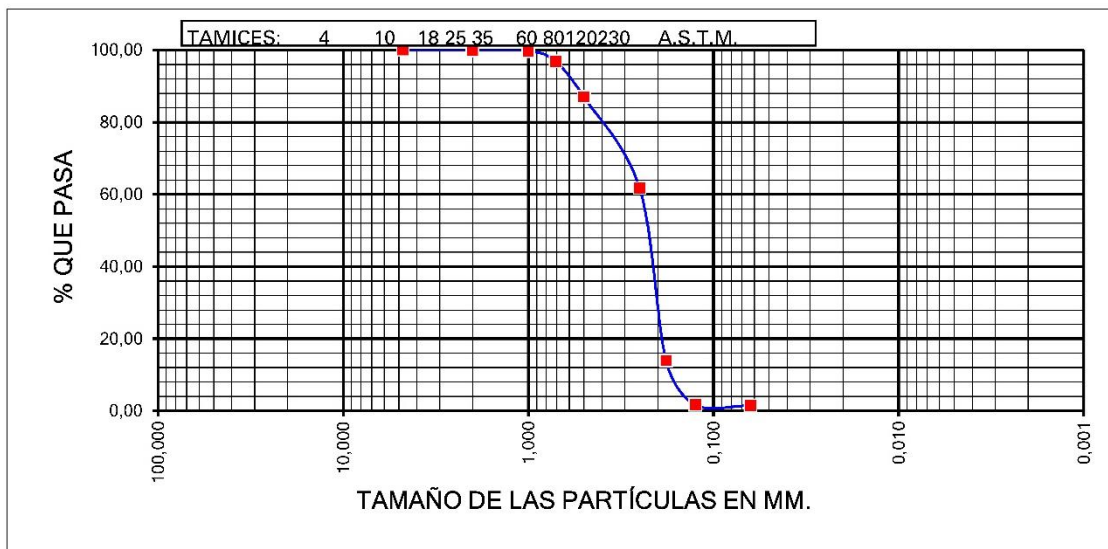
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

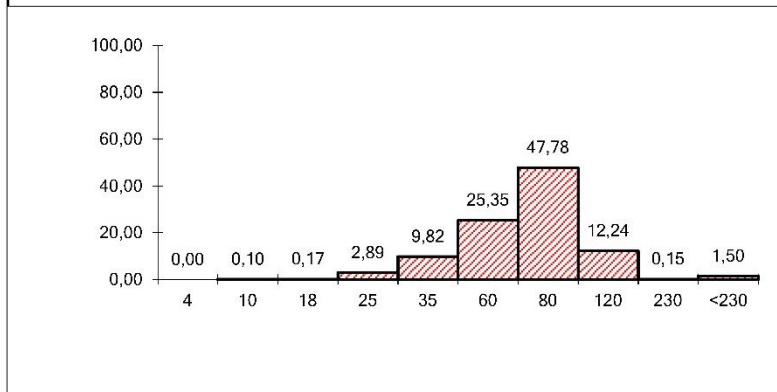
Ref. Muestra: M-1 ESCALERA 3

Prof.: PLAYA
SECA

Peso (g): 100,0



Tamiz	Millímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,10	0,10	99,90
18	1,000	0,17	0,27	99,73
25	0,710	2,89	3,16	96,84
35	0,500	9,82	12,98	87,02
60	0,250	25,35	38,33	61,67
80	0,180	47,78	86,11	13,89
120	0,125	12,24	98,35	1,65
230	0,063	0,15	98,50	1,50
<230	0,000	1,50	100,00	0,00



MODA: AF

D50 (mm): 0,23

D16 (mm): 0,46

D84 (mm): 0,18

% FINOS: 1,5

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 2,12

Φ 16: 1,12

Φ 84: 2,45

M Φ : 1,90

σ Φ : 0,67

A Φ : -0,33

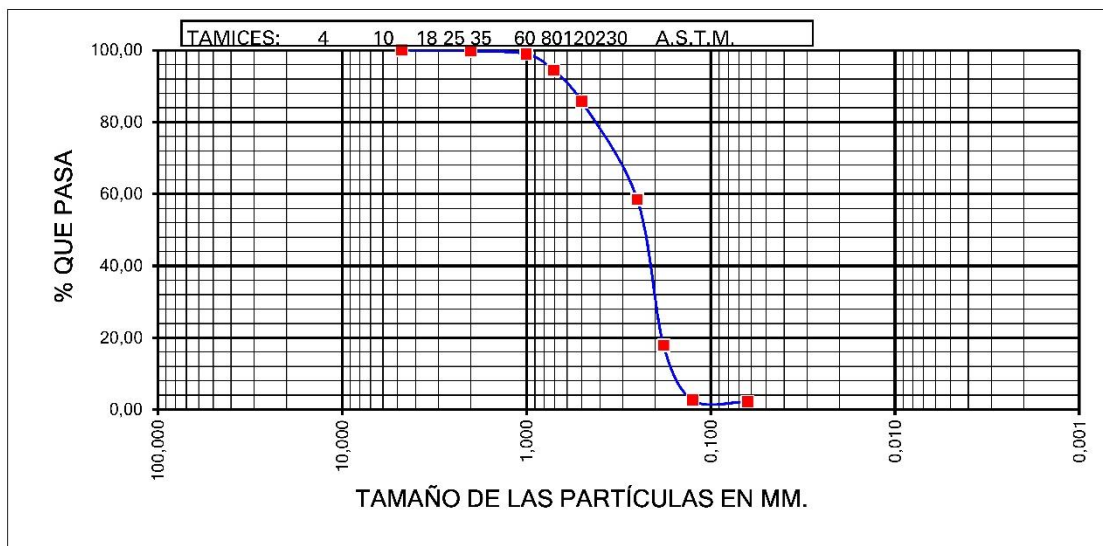
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

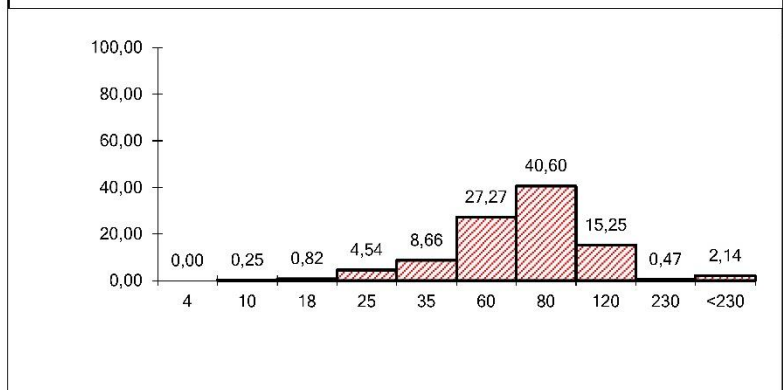
Ref. Muestra: **M-2 ESCALERA 3**

Prof.: Frente de
Playa

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,25	0,25	99,75
18	1,000	0,82	1,07	98,93
25	0,710	4,54	5,61	94,39
35	0,500	8,66	14,27	85,73
60	0,250	27,27	41,54	58,46
80	0,180	40,60	82,14	17,86
120	0,125	15,25	97,39	2,61
230	0,063	0,47	97,86	2,14
<230	0,000	2,14	100,00	0,00



MODA: AF

D50 (mm): 0,23

D16 (mm): 0,48

D84 (mm): 0,17

% FINOS: 2,1

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 2,10

Φ 16: 1,06

Φ 84: 2,54

M Φ : 1,90

σ Φ : 0,74

Δ Φ : -0,27

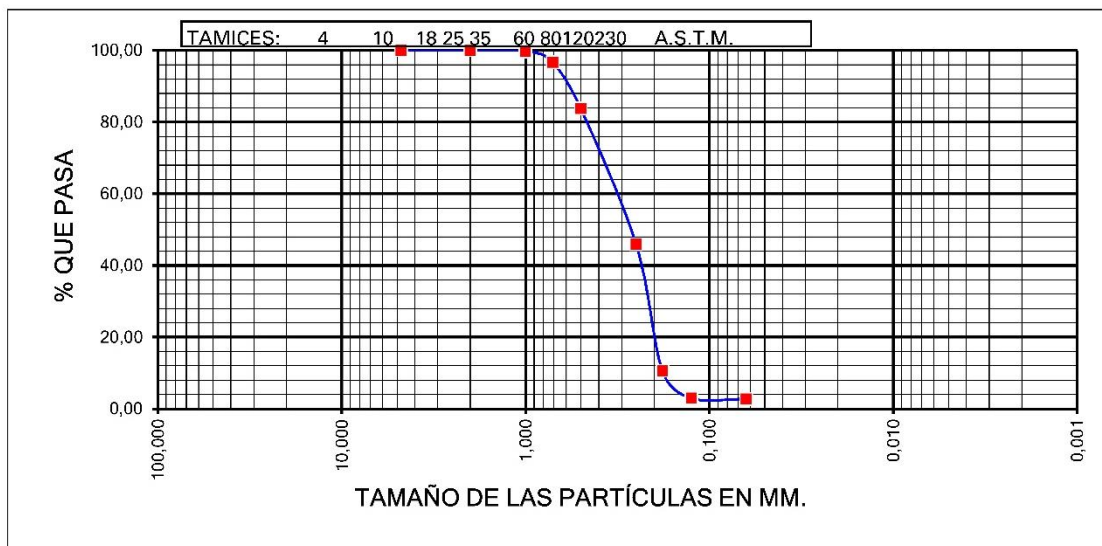
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

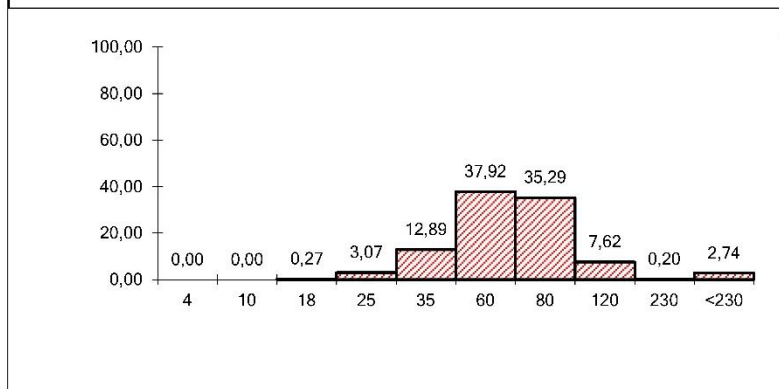
Ref. Muestra: **M-3 ESCALERA 3**

Prof.: Plataforma
Mar

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
18	1,000	0,27	0,27	99,73
25	0,710	3,07	3,34	96,66
35	0,500	12,89	16,23	83,77
60	0,250	37,92	54,15	45,85
80	0,180	35,29	89,44	10,56
120	0,125	7,62	97,06	2,94
230	0,063	0,20	97,26	2,74
<230	0,000	2,74	100,00	0,00



MODA: AF

D50 (mm): 0,27

D16 (mm): 0,50

D84 (mm): 0,19

% FINOS: 2,7

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,89

Φ 16: 0,99

Φ 84: 2,40

M Φ : 1,76

σ Φ : 0,70

A Φ : -0,18

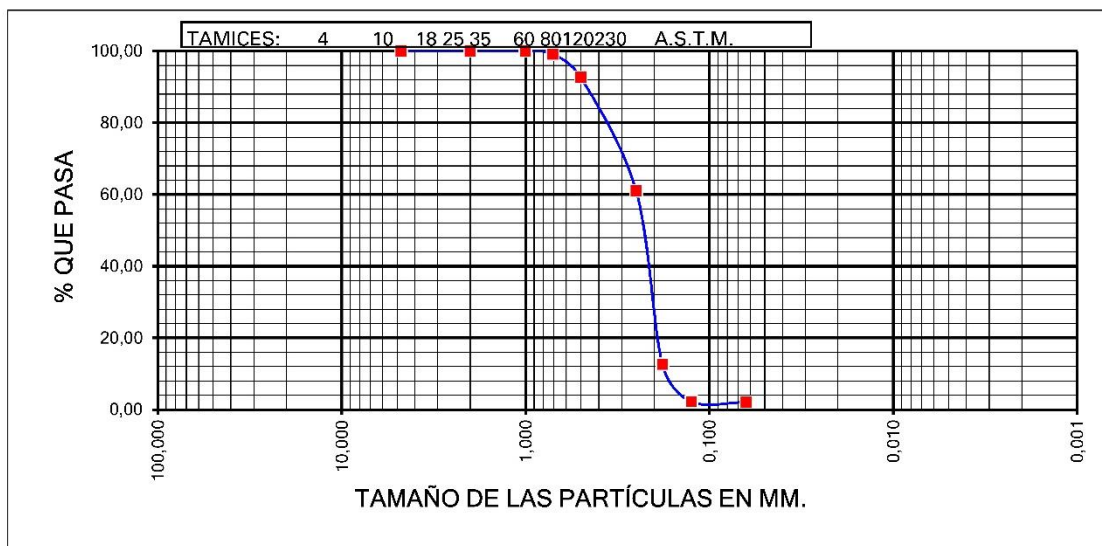
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

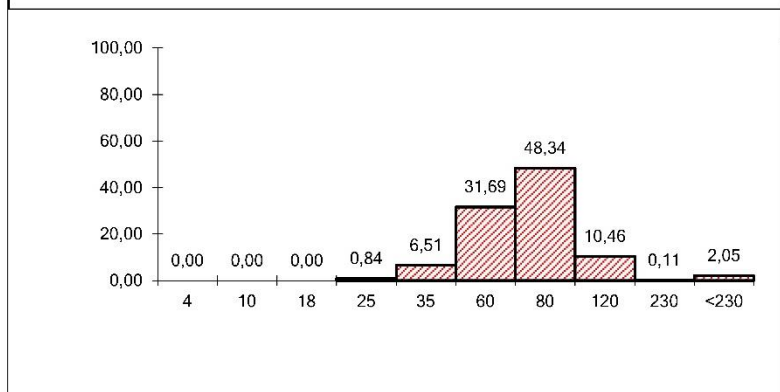
Ref. Muestra: **M-4 ESCALERA 9**

Prof.: **PLAYA
SECA**

Peso (g): **100,0**



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
18	1,000	0,00	0,00	100,00
25	0,710	0,84	0,84	99,16
35	0,500	6,51	7,35	92,65
60	0,250	31,69	39,04	60,96
80	0,180	48,34	87,38	12,62
120	0,125	10,46	97,84	2,16
230	0,063	0,11	97,95	2,05
<230	0,000	2,05	100,00	0,00



MODA: AF

D50 (mm): 0,23

D16 (mm): 0,41

D84 (mm): 0,18

% FINOS: 2,1

**PARÁMETROS EN
UNIDADES PHI:**

Φ 50: 2,11

Φ 16: 1,27

Φ 84: 2,44

M Φ : 1,94

σ Φ : 0,58

A Φ : -0,29

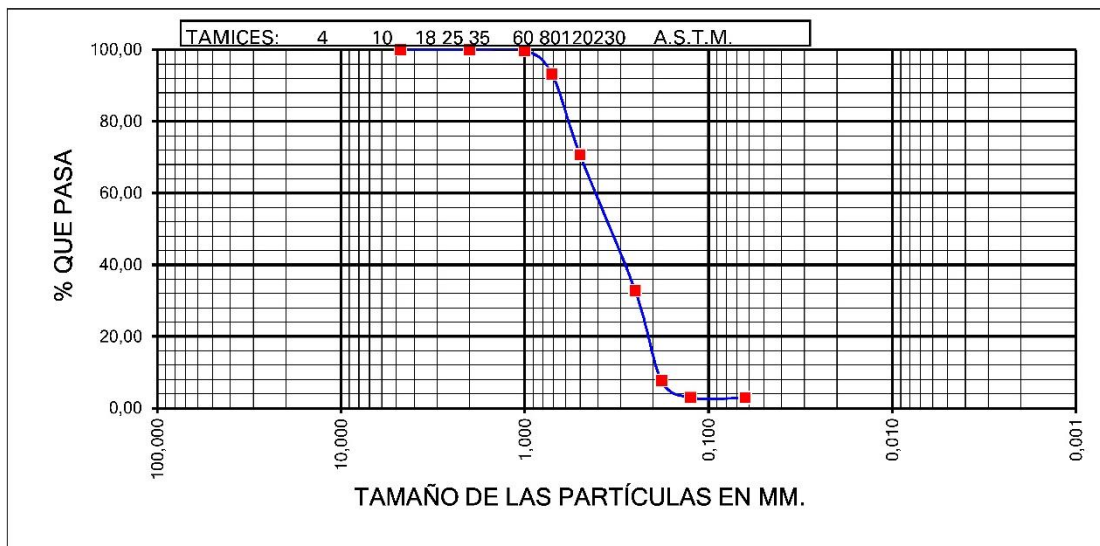
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-5 ESCALERA 9

Prof.: Frente de
Playa

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,02	0,02	99,98
18	1,000	0,20	0,22	99,78
25	0,710	6,52	6,74	93,26
35	0,500	22,54	29,28	70,72
60	0,250	38,02	67,30	32,70
80	0,180	25,03	92,33	7,67
120	0,125	4,73	97,06	2,94
230	0,063	0,06	97,12	2,88
<230	0,000	2,88	100,00	0,00

MODA: AM

D50 (mm): 0,34

D16 (mm): 0,61

D84 (mm): 0,20

% FINOS: 2,9

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,54

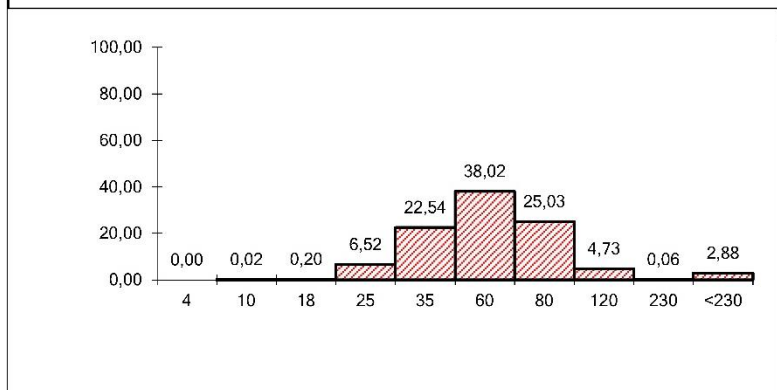
Φ 16: 0,70

Φ 84: 2,32

M Φ : 1,52

σ Φ : 0,81

A Φ : -0,03



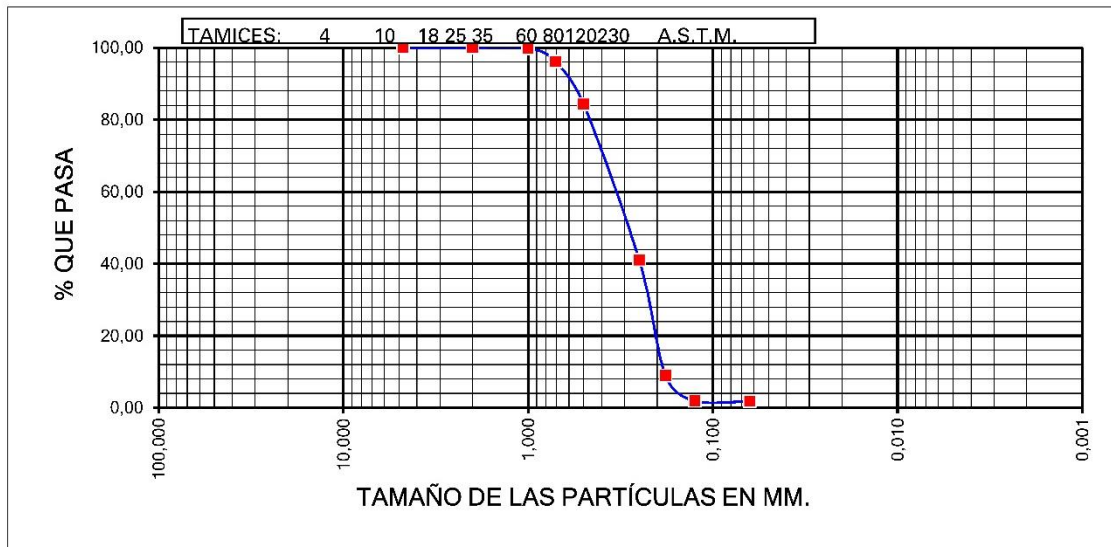
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: **M-6 ESCALERA 9**

Prof.: Plataforma
Mar

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
18	1,000	0,16	0,16	99,84
25	0,710	3,65	3,81	96,19
35	0,500	11,81	15,62	84,38
60	0,250	43,34	58,96	41,04
80	0,180	32,10	91,06	8,94
120	0,125	7,02	98,08	1,92
230	0,063	0,13	98,21	1,79
<230	0,000	1,79	100,00	0,00

MODA: AM

D50 (mm): 0,29

D16 (mm): 0,50

D84 (mm): 0,19

% FINOS: 1,8

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,79

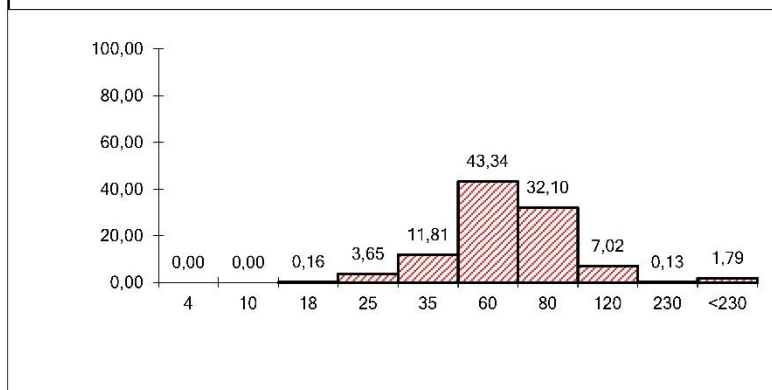
Φ 16: 1,01

Φ 84: 2,37

M Φ : 1,72

σ Φ : 0,68

A Φ : -0,10



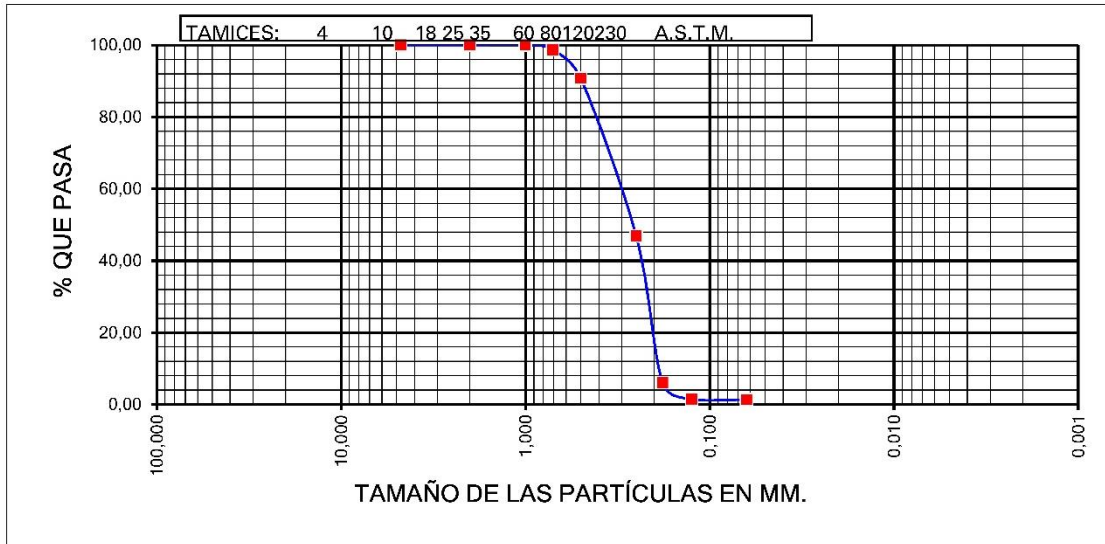
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

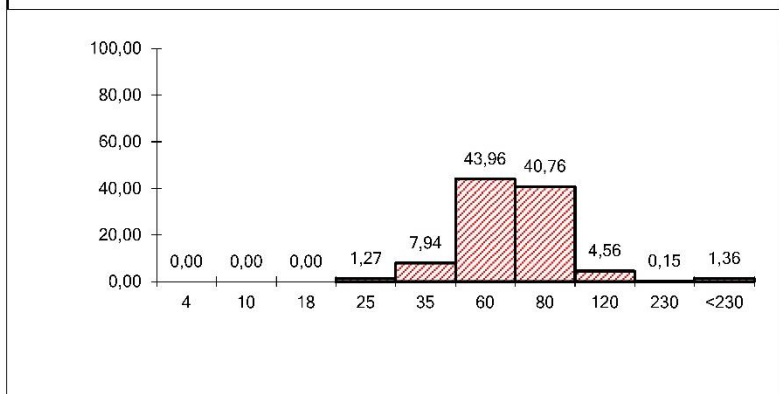
Ref. Muestra: **M-7 ESCALERA 14**

Prof.: **PLAYA
SECA**

Peso (g): **100,0**



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
18	1,000	0,00	0,00	100,00
25	0,710	1,27	1,27	98,73
35	0,500	7,94	9,21	90,79
60	0,250	43,96	53,17	46,83
80	0,180	40,76	93,93	6,07
120	0,125	4,56	98,49	1,51
230	0,063	0,15	98,64	1,36
<230	0,000	1,36	100,00	0,00



MODA: AF

D50 (mm): 0,26

D16 (mm): 0,45

D84 (mm): 0,19

% FINOS: 1,4

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,93

Φ 16: 1,15

Φ 84: 2,36

M Φ : 1,81

$\sigma \Phi$: 0,60

A Φ : -0,19

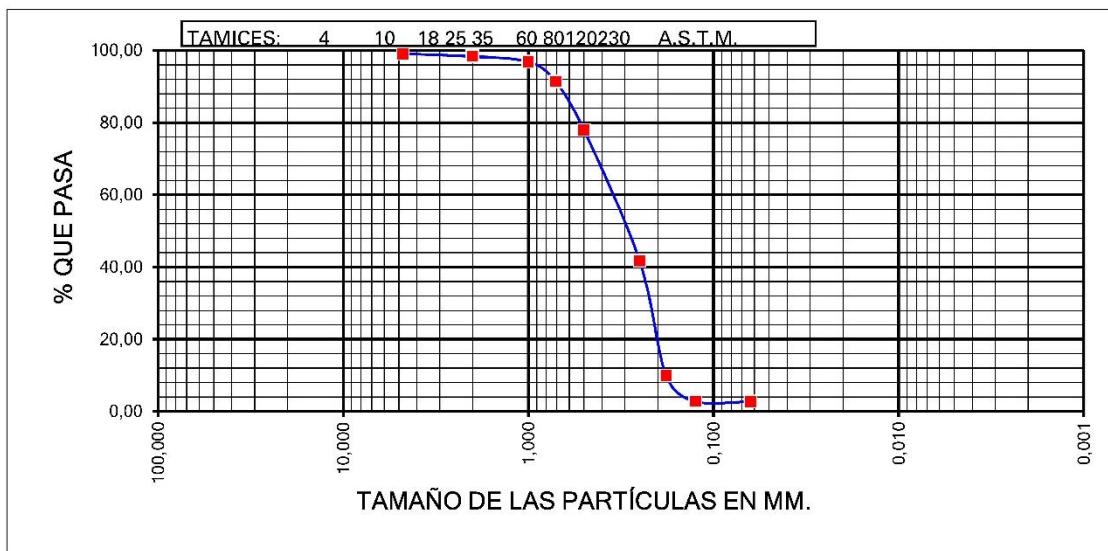
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

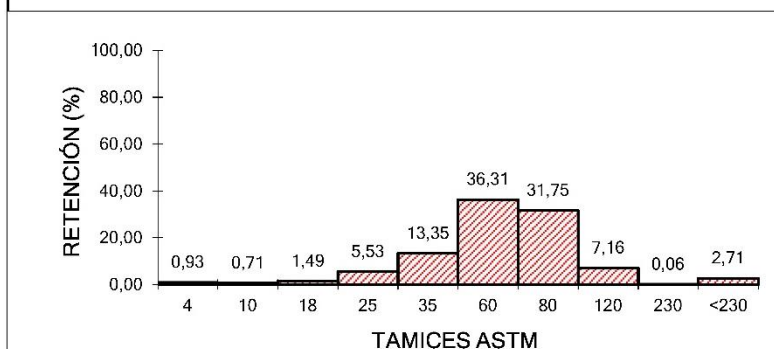
Ref. Muestra: **M-8 ESCALERA 14**

Prof.: Frente de
Playa

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,93	0,93	99,07
10	2,000	0,71	1,64	98,36
18	1,000	1,49	3,13	96,87
25	0,710	5,53	8,66	91,34
35	0,500	13,35	22,01	77,99
60	0,250	36,31	58,32	41,68
80	0,180	31,75	90,07	9,93
120	0,125	7,16	97,23	2,77
230	0,063	0,06	97,29	2,71
<230	0,000	2,71	100,00	0,00



MODA: AF

D50 (mm): 0,29

D16 (mm): 0,59

D84 (mm): 0,19

% FINOS: 2,7

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,77

Φ 16: 0,77

Φ 84: 2,38

M Φ: 1,64

σ Φ: 0,81

A Φ: -0,16

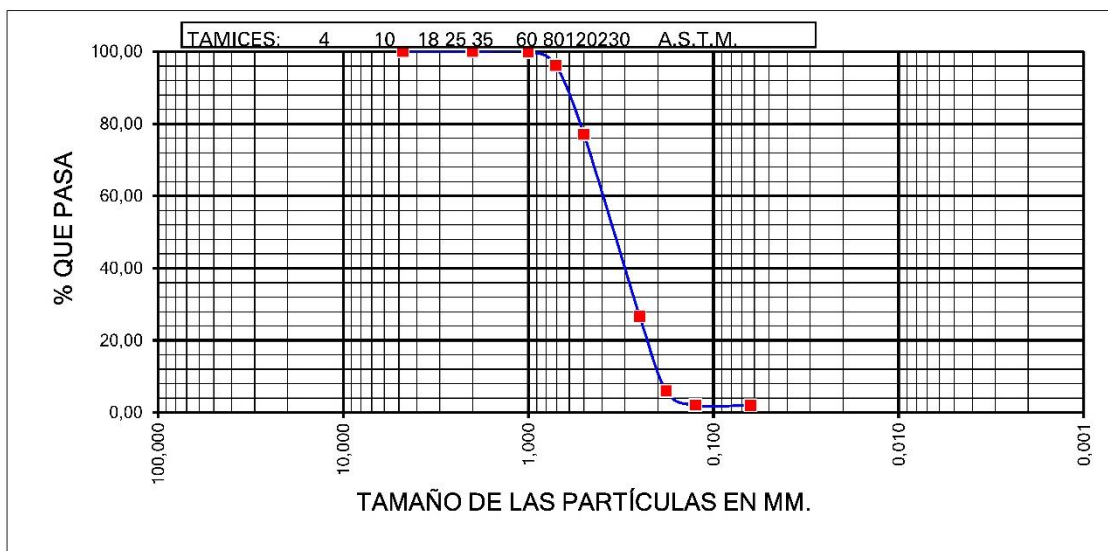
AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
PLAYA DE SAN LORENZO
AGOSTO 2001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-9 ESCALERA 14

Prof.: Plataforma
Mar

Peso (g): 100,0



Tamiz	Millímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
18	1,000	0,10	0,10	99,90
25	0,710	3,70	3,80	96,20
35	0,500	19,09	22,89	77,11
60	0,250	50,43	73,32	26,68
80	0,180	20,66	93,98	6,02
120	0,125	3,98	97,96	2,04
230	0,063	0,05	98,01	1,99
<230	0,000	1,99	100,00	0,00

MODA: AM

D50 (mm): 0,34

D16 (mm): 0,57

D84 (mm): 0,21

% FINOS: 2,0

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,54

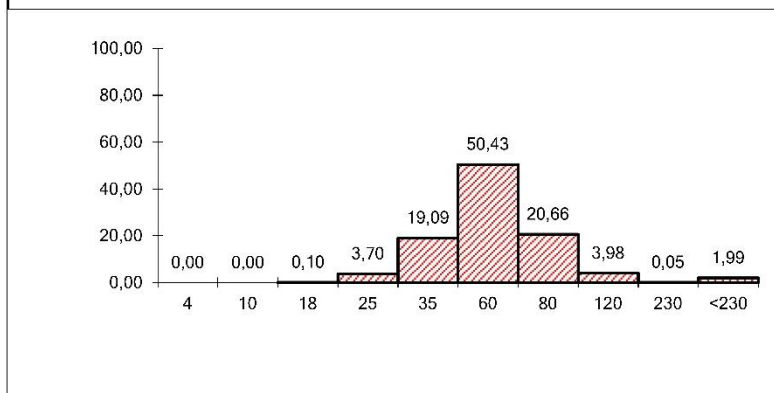
Φ 16: 0,82

Φ 84: 2,24

M Φ : 1,53

σ Φ : 0,71

A Φ : -0,01



ANEXO 2

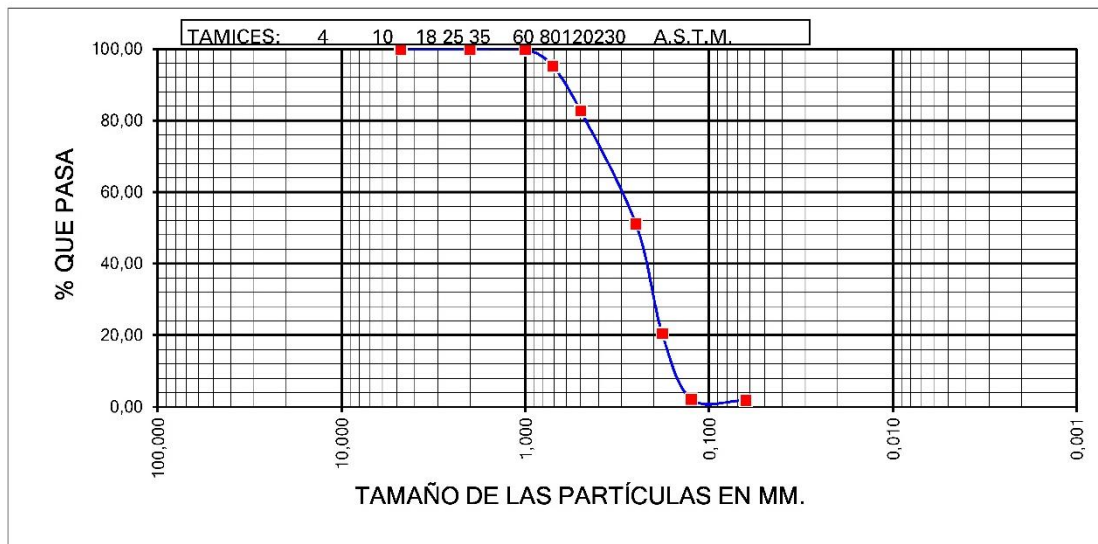
RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ABRIL DE 2002

AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-1 Escalera 3

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,03	0,03	99,97
18	1,000	0,24	0,27	99,73
25	0,710	4,58	4,85	95,15
35	0,500	12,44	17,29	82,71
60	0,250	31,66	48,95	51,05
80	0,180	30,55	79,50	20,50
120	0,125	18,31	97,81	2,19
230	0,063	0,31	98,12	1,88
<230	0,000	1,88	100,00	0,00

MODA: AF

D50 (mm): 0,25

D16 (mm): 0,52

D84 (mm): 0,16

% FINOS: 1,9

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 2,02

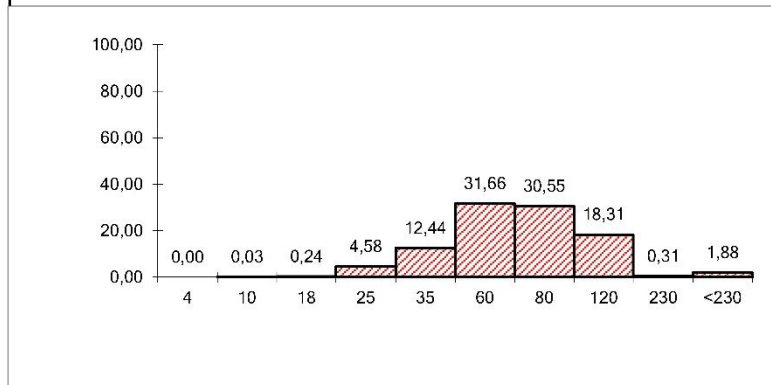
Φ 16: 0,95

Φ 84: 2,60

M Φ: 1,86

σ Φ: 0,83

A Φ: -0,19

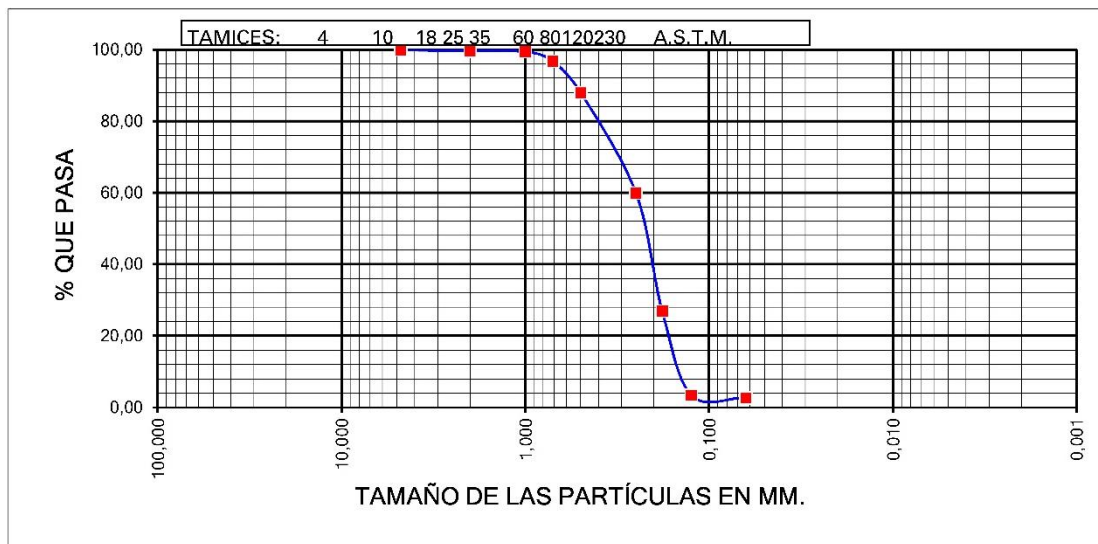


AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

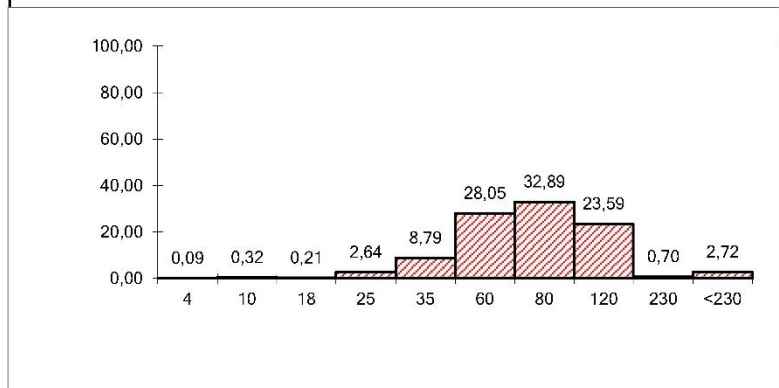
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-2 Escalera 3

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,09	0,09	99,91
10	2,000	0,32	0,41	99,59
18	1,000	0,21	0,62	99,38
25	0,710	2,64	3,26	96,74
35	0,500	8,79	12,05	87,95
60	0,250	28,05	40,10	59,90
80	0,180	32,89	72,99	27,01
120	0,125	23,59	96,58	3,42
230	0,063	0,70	97,28	2,72
<230	0,000	2,72	100,00	0,00



MODA: AF
D50 (mm): 0,23
D16 (mm): 0,45
D84 (mm): 0,15
% FINOS: 2,7

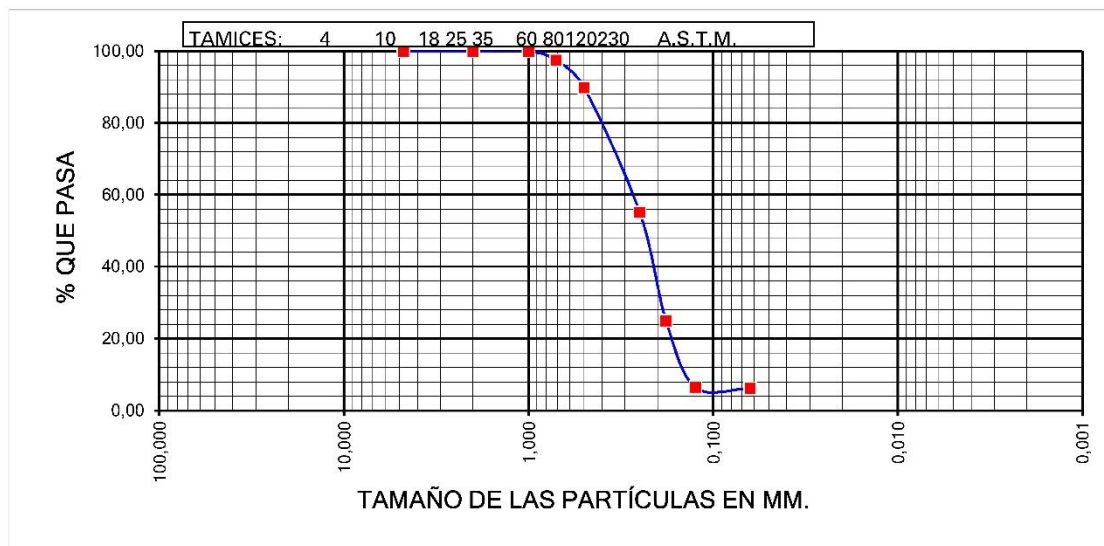
PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:
Φ 50: 2,14
Φ 16: 1,14
Φ 84: 2,72
M Φ: 2,00
σ Φ: 0,79
A Φ: -0,18

AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-3 Escalera 3

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
18	1,000	0,10	0,10	99,90
25	0,710	2,44	2,54	97,46
35	0,500	7,65	10,19	89,81
60	0,250	34,66	44,85	55,15
80	0,180	30,13	74,98	25,02
120	0,125	18,53	93,51	6,49
230	0,063	0,35	93,86	6,14
<230	0,000	6,14	100,00	0,00

MODA: AF

D50 (mm): 0,24

D16 (mm): 0,45

D84 (mm): 0,15

% FINOS: 6,1

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 2,08

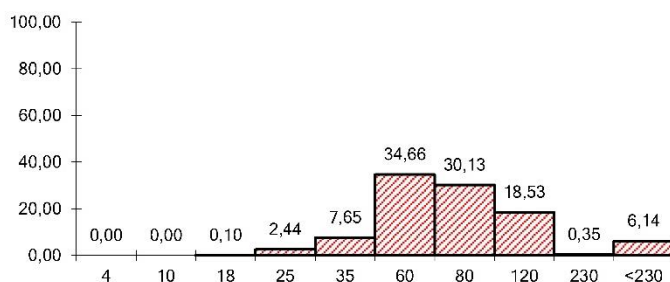
Φ 16: 1,17

Φ 84: 2,73

M Φ : 1,99

$\sigma \Phi$: 0,78

A Φ : -0,11

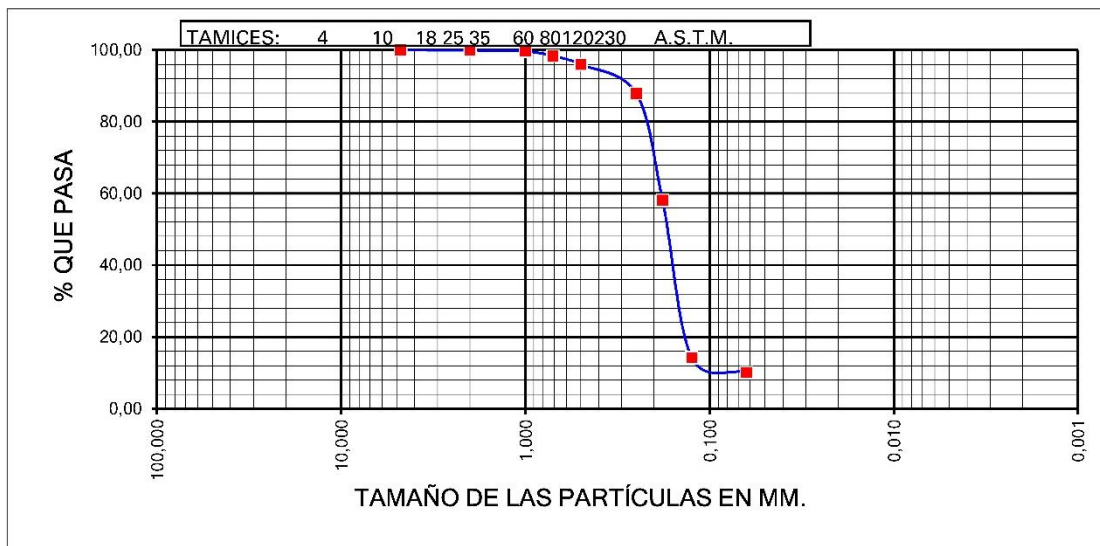


AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

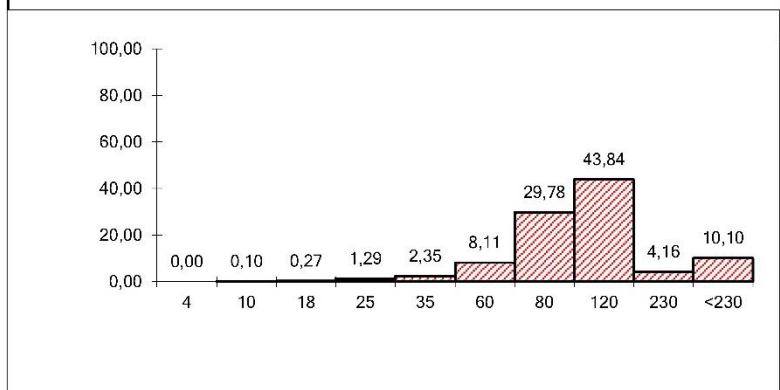
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-4 Escalera 9

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,10	0,10	99,90
18	1,000	0,27	0,37	99,63
25	0,710	1,29	1,66	98,34
35	0,500	2,35	4,01	95,99
60	0,250	8,11	12,12	87,88
80	0,180	29,78	41,90	58,10
120	0,125	43,84	85,74	14,26
230	0,063	4,16	89,90	10,10
<230	0,000	10,10	100,00	0,00



MODA: AF

D50 (mm): 0,17

D16 (mm): 0,24

D84 (mm): 0,13

% FINOS: 10,1

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 2,57

Φ 16: 2,06

Φ 84: 2,98

M Φ : 2,54

σ Φ : 0,46

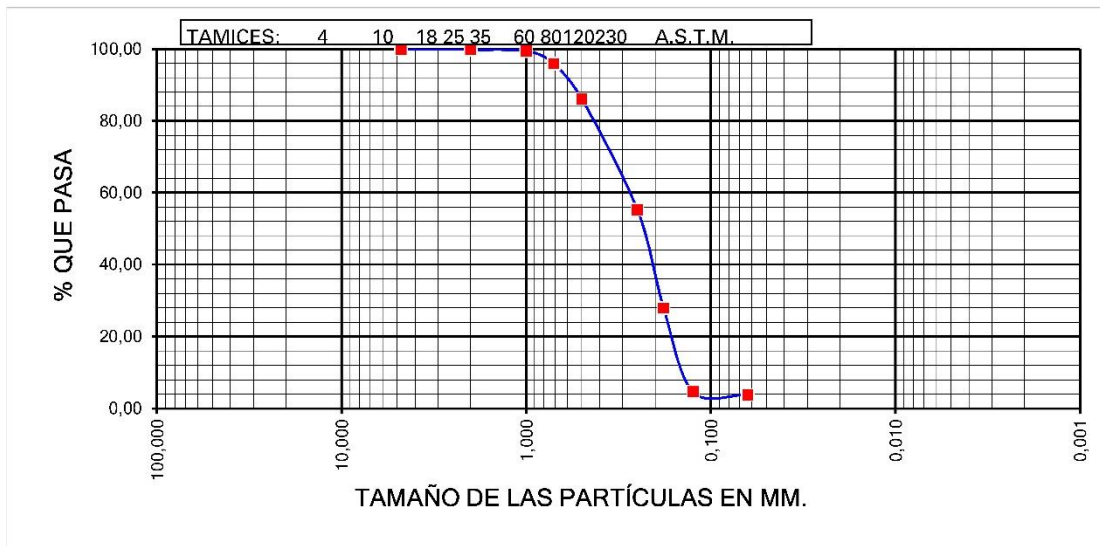
A Φ : -0,14

AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-5 Escalera 9

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,20	0,20	99,80
18	1,000	0,41	0,61	99,39
25	0,710	3,52	4,13	95,87
35	0,500	9,75	13,88	86,12
60	0,250	30,83	44,71	55,29
80	0,180	27,35	72,06	27,94
120	0,125	23,27	95,33	4,67
230	0,063	0,87	96,20	3,80
<230	0,000	3,80	100,00	0,00

MODA: AF

D50 (mm): 0,23

D16 (mm): 0,48

D84 (mm): 0,15

% FINOS: 3,8

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 2,09

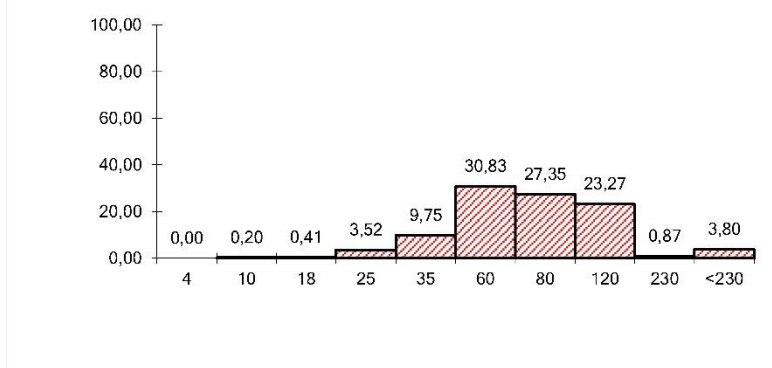
Φ 16: 1,07

Φ 84: 2,74

$M \Phi$: 1,97

$\sigma \Phi$: 0,84

$A \Phi$: -0,15

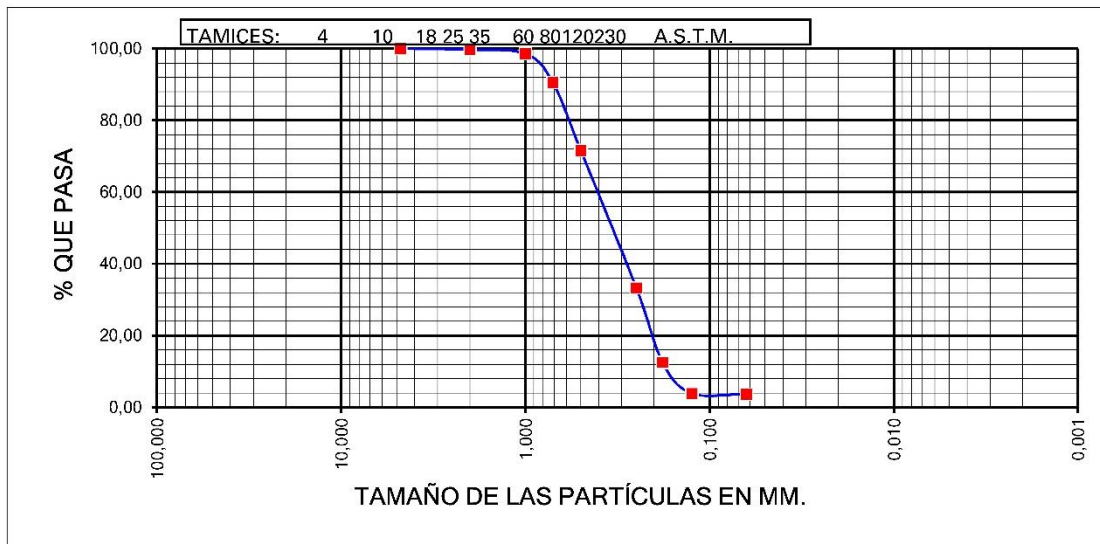


AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-6 Escalera 9

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,26	0,26	99,74
18	1,000	1,14	1,40	98,60
25	0,710	8,00	9,40	90,60
35	0,500	19,00	28,40	71,60
60	0,250	38,24	66,64	33,36
80	0,180	20,79	87,43	12,57
120	0,125	8,65	96,08	3,92
230	0,063	0,23	96,31	3,69
<230	0,000	3,69	100,00	0,00

MODA: AM

D50 (mm): 0,34

D16 (mm): 0,63

D84 (mm): 0,19

% FINOS: 3,7

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,56

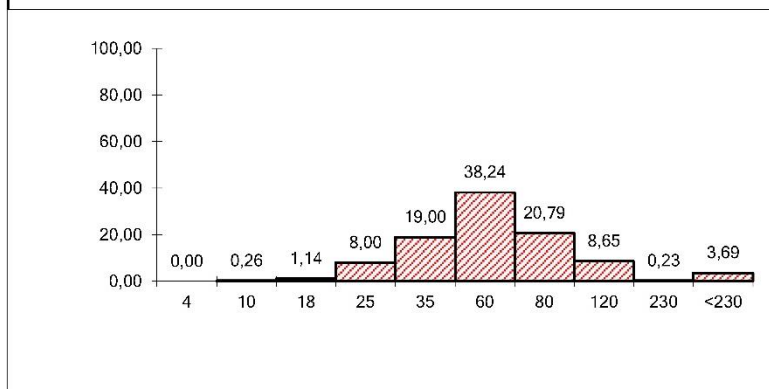
Φ 16: 0,67

Φ 84: 2,40

M Φ : 1,54

$\sigma \Phi$: 0,86

A Φ : -0,02

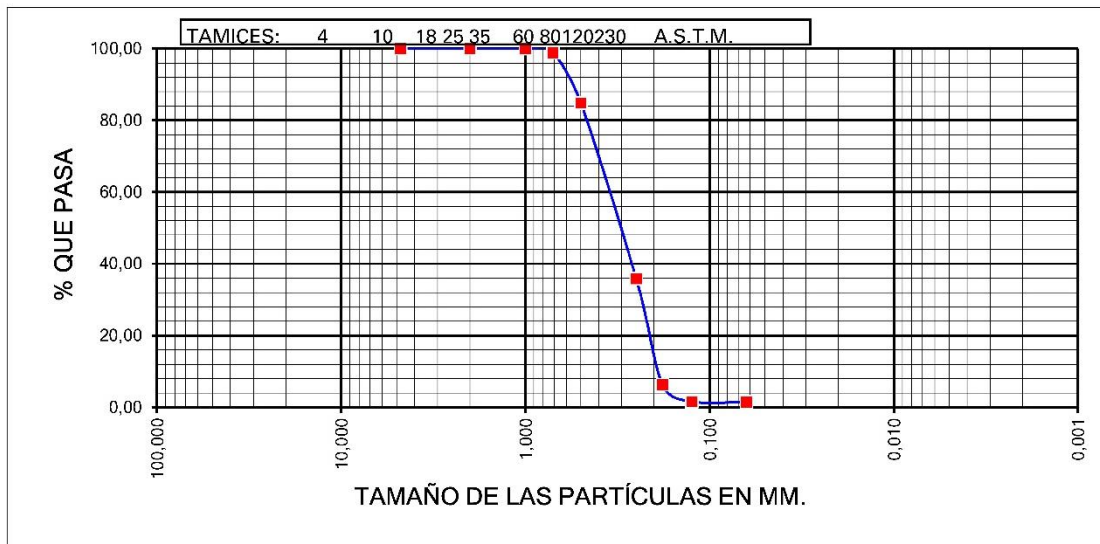


AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-7 Escalera 14

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,03	0,03	99,97
18	1,000	0,02	0,05	99,95
25	0,710	1,10	1,15	98,85
35	0,500	14,04	15,19	84,81
60	0,250	48,95	64,14	35,86
80	0,180	29,55	93,69	6,31
120	0,125	4,68	98,37	1,63
230	0,063	0,13	98,50	1,50
<230	0,000	1,50	100,00	0,00

MODA: AM

D50 (mm): 0,31

D16 (mm): 0,49

D84 (mm): 0,20

% FINOS: 1,5

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,71

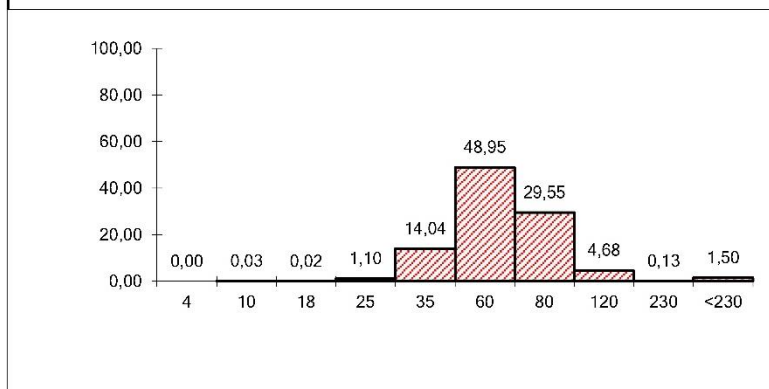
Φ 16: 1,02

Φ 84: 2,32

M Φ : 1,68

σ Φ : 0,65

A Φ : -0,04

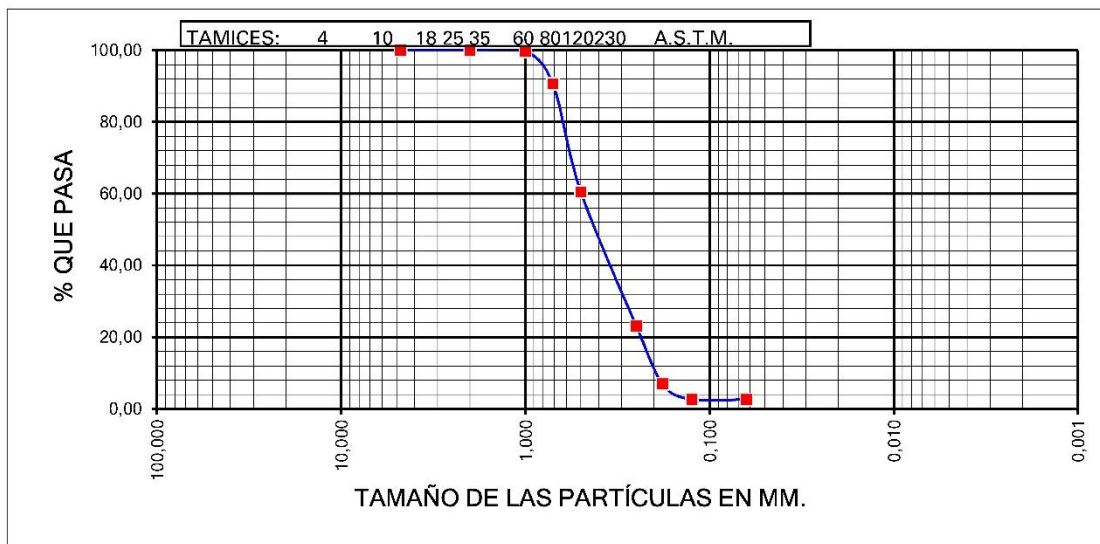


AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-8 Escalera 14

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,05	0,05	99,95
18	1,000	0,25	0,30	99,70
25	0,710	9,01	9,31	90,69
35	0,500	30,18	39,49	60,51
60	0,250	37,37	76,86	23,14
80	0,180	16,15	93,01	6,99
120	0,125	4,30	97,31	2,69
230	0,063	0,07	97,38	2,62
<230	0,000	2,62	100,00	0,00

MODA: AG

D50 (mm): 0,41

D16 (mm): 0,66

D84 (mm): 0,22

% FINOS: 2,6

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,28

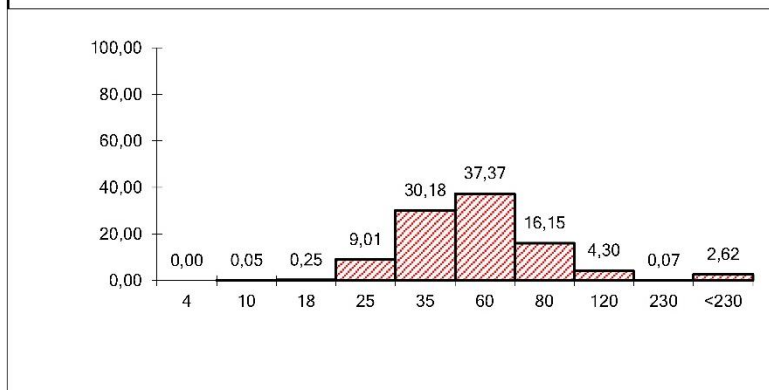
Φ 16: 0,61

Φ 84: 2,21

M Φ : 1,37

σ Φ : 0,80

A Φ : 0,11

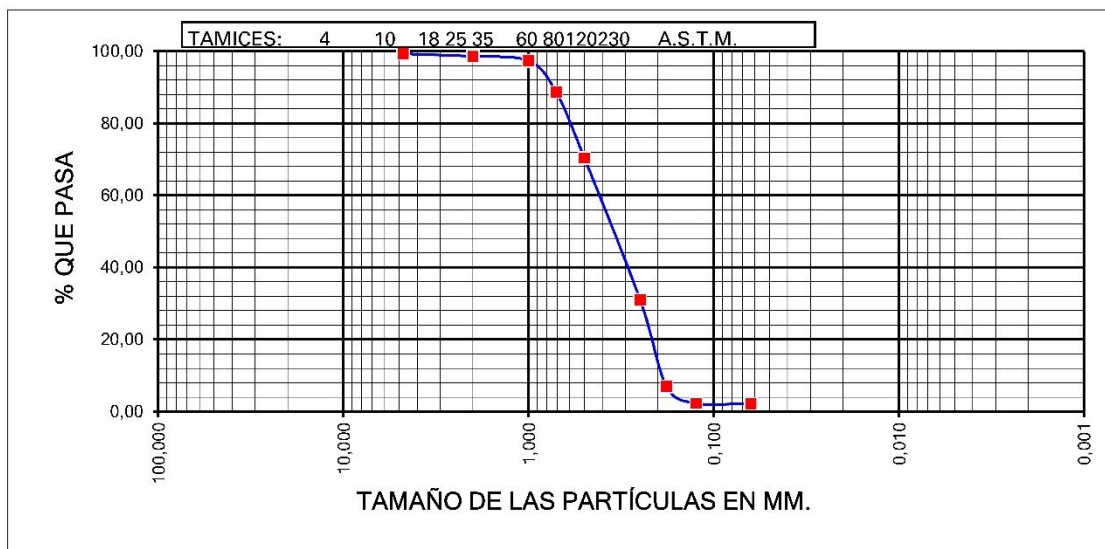


AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-9 Escalera 14

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,66	0,66	99,34
10	2,000	0,72	1,38	98,62
18	1,000	1,27	2,65	97,35
25	0,710	8,72	11,37	88,63
35	0,500	18,24	29,61	70,39
60	0,250	39,32	68,93	31,07
80	0,180	24,10	93,03	6,97
120	0,125	4,62	97,65	2,35
230	0,063	0,07	97,72	2,28
<230	0,000	2,28	100,00	0,00

MODA: AM

D50 (mm): 0,35

D16 (mm): 0,65

D84 (mm): 0,20

% FINOS: 2,3

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 1,52

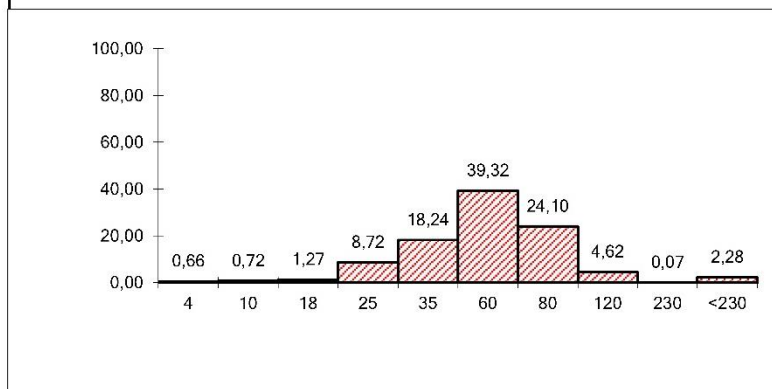
Φ 16: 0,62

Φ 84: 2,30

M Φ : 1,48

$\sigma \Phi$: 0,84

A Φ : -0,05

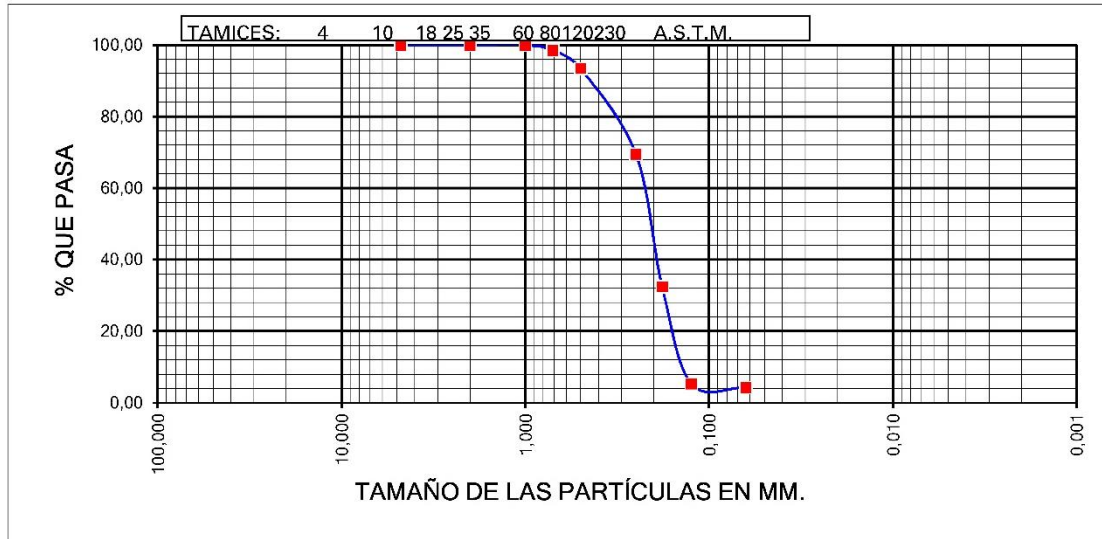


AUTORIDAD PORTUARIA DE GIJÓN
SAN LORENZO
ABRIL 2002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ref. Muestra: M-10 Entre Escalera 3 y 4

Peso (g): 100,0



Tamiz	Milímetros	RETENCIÓN (G)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
4	4,750	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	100,00
18	1,000	0,05	0,05	99,95
25	0,710	1,43	1,48	98,52
35	0,500	5,17	6,65	93,35
60	0,250	23,88	30,53	69,47
80	0,180	37,04	67,57	32,43
120	0,125	27,13	94,70	5,30
230	0,063	1,01	95,71	4,29
<230	0,000	4,29	100,00	0,00

MODA: AF

D50 (mm): 0,21

D16 (mm): 0,38

D84 (mm): 0,14

% FINOS: 4,3

PARÁMETROS EN UNIDADES PHI:

Φ 50: 2,25

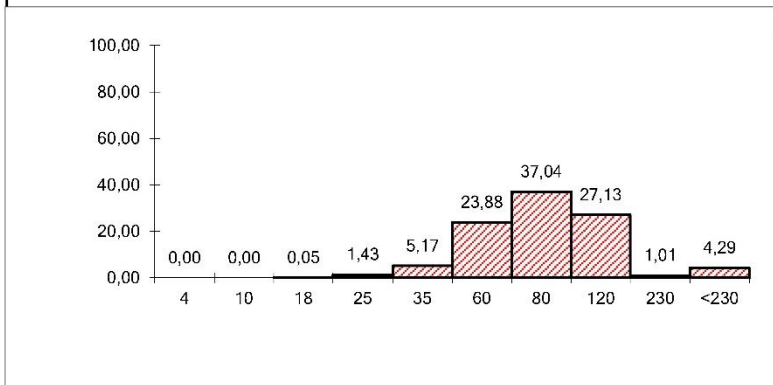
Φ 16: 1,39

Φ 84: 2,79

M Φ : 2,14

σ Φ : 0,70

Δ Φ : -0,15



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE
LA PLAYA DE SAN LORENZO (GIJÓN)**



<p>ANEJO N°4 - CLIMA MARÍTIMO</p>
--

ANEJO N°4 – CLIMA MARÍTIMO

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. CLIMA	3
3. OLEAJE	4
3.1. NODO SIMAR	6
3.2. BOYA GIJÓN I	21

1. OBJETO

En este anejo se recopila la información relativa al clima existente en la zona y el oleaje incidente en la bahía de Gijón. El primero se requiere para poder calcular los días efectivos cuando se determine el plan de obra y el segundo para conocer la dirección del oleaje, así como sus características, principalmente altura de ola y período, con el objetivo de posteriormente obtener la dirección del oleaje que llega a la playa de San Lorenzo y las corrientes generadas, pudiendo calcular entonces el perfil y la planta de equilibrio del arenal.

2. CLIMA

El clima del Principado de Asturias se identifica por ser mayormente oceánico, aunque al sur, donde se encuentra la Cordillera Cantábrica, se da un clima de montaña. La climatología asturiana presenta abundantes precipitaciones repartidas a lo largo de casi todo el año, superando los 1000 l/m² en casi todas las zonas, con vientos suaves y sostenidos, aunque de dirección marcadamente estacional; radiación solar media, del entorno de los 1700 J/m² en verano y los 450 J/m² en invierno, y con temperaturas moderadas durante todo el año debido a la influencia del mar Cantábrico, excluyendo las zonas de montaña, donde se producen temperaturas más bajas y con mayor amplitud.



Ilustración 1 - Climas de España

En la ciudad de Gijón, donde se ubica este proyecto, se observa una mayor influencia del Mar Cantábrico, por su obvia cercanía, lo que se traduce en menores precipitaciones que la media autonómica y unas temperaturas más moderadas con

menor amplitud térmica, lo que se relaciona con la inexistencia prácticamente de días con nieve, menores tormentas y precipitaciones, lo que implica un mayor número de días despejados y una mayor radiación incidente. A continuación, se incluyen los valores medios históricos del Aeropuerto de Asturias, obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), ya que se trata de un punto costero cercano a Gijón, por lo que sus valores pueden considerarse similares.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Tª media (°C)	9,4	9,4	10,7	11,3	13,6	16,2	18,2	18,8	17,4	15,1	11,8	9,9	13,5
Tª media máx. diarias (°C)	12,9	13,1	14,6	15,1	17,3	19,6	21,5	22,2	21,2	18,7	15,3	13,3	17,1
Tª media mín. diarias (°C)	5,9	5,7	6,8	7,5	10,0	12,8	14,8	15,3	13,7	11,3	8,4	6,5	9,9
Precipitación media (mm)	103,0	88,0	82,0	99,0	79,0	61,0	47,0	60,0	73,0	116,0	134,0	117,0	1059,0
Humedad relat. media (%)	75,0	74,0	75,0	76,0	80,0	81,0	81,0	81,0	80,0	80,0	78,0	76,0	78,1
Media días c/prec. ≥1 mm	12,2	11,1	10,8	12,8	11,9	7,8	7,2	7,3	8,3	11,5	12,9	13,6	127,4
Media días con nieve	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Media días con tormenta	1,1	1,0	0,9	1,5	1,6	1,5	2,0	1,5	1,3	0,9	0,9	0,8	15,0
Media días con niebla	0,7	0,8	1,4	2,4	3,5	5,4	4,7	3,7	3,3	2,9	1,1	1,1	31,0
Media días con heladas	1,0	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	2,9
Media días despejados	3,4	3,2	3,1	2,4	2,0	2,6	3,1	3,2	4,2	3,1	2,8	3,3	36,4
Media horas de rad. solar	98,0	109,0	142,0	151,0	166,0	163,0	173,0	182,0	170,0	130,0	96,0	86,0	1666,0

3. OLEAJE

Para la redacción de este apartado se ha contado con la información disponible en la página web de Puertos de Estado, donde están recopiladas las lecturas de las boyas repartidas por todo el litoral español y el conjunto de datos SIMAR. Este último está conformado por datos sintéticos, ya que no proceden de medidas directas de la naturaleza, sino que está formado por series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de un modelado numérico. Las series SIMAR se crearon de la unión de los dos grandes conjuntos de datos simulados de oleaje con los que tradicionalmente ha contado Puertos del Estado: SIMAR-44 y WANA, con el objetivo de poder ofrecer series temporales más extensas en el tiempo y actualizadas diariamente, ofreciendo información desde el año 1958 hasta la actualidad.

El conjunto SIMAR-44 es un reanálisis de alta resolución de la atmósfera, el nivel del mar y el oleaje, que cubre todo el entorno litoral español. Los datos de oleaje en

el dominio atlántico y en el Estrecho de Gibraltar proceden de dos simulaciones análogas de viento y oleaje, una realizada por Puertos del Estado de forma independiente, y la otra llevada a cabo por el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA). Los datos de viento del Atlántico, que son los que nos interesan en este caso, se han obtenido mediante simulaciones de la AEMET con una resolución de 12' de longitud por 12' de latitud, que se corresponden aproximadamente a mallas de 20x20 km. Para generar los campos de oleaje se ha utilizado en modelo numérico WAM. Dicha aplicación es un modelo espectral de tercera generación que resuelve la ecuación de balance de energía sin establecer ninguna hipótesis a prior sobre la forma del espectro de oleaje. Los datos se han generado con una cadencia horaria. Se ha realizado descomposición de mar de viento y mar de fondo. Con el fin de describir situaciones con mares de fondo cruzados, se ha considerado la posibilidad de dos contribuciones de mar de fondo. para el 'área atlántica se ha utilizado una malla de espaciamiento variable que cubre todo el Atlántico Norte con una resolución de 30' latitud x 30' longitud para las zonas más alejadas de la costa, y aumenta a mallas de 15' por 15' al aproximarse. El modelo WAM utilizado para generar estos datos incluye efectos de refracción y asomeramiento. pero dada la resolución del modelo, se pueden considerar despreciables los efectos del fondo. Por lo tanto, para uso práctico los datos de oleaje deben de interpretarse siempre como datos en aguas abiertas a profundidades indefinidas.

Las series WANA, empleadas en el conjunto de datos SIMAR, proceden del sistema de predicción del estado del mar que Puertos del Estado ha desarrollado en colaboración con la AEMET. No obstante, los datos WANA no son datos de predicción sino datos de diagnóstico o análisis, lo que supone que para cada instante el modelo proporciona campos de viento y presión consistentes con la evolución anterior de los parámetros modelado y consistente con las observaciones realizadas. Es importante tener en cuenta que las series temporales de viento y oleaje del conjunto WANA no son homogéneas, pues los modelos de viento y oleaje se van modificando periódicamente para mejorarlos, lo que ha permitido, entre otras cosas, aumentar la resolución espacial y temporal de los datos con los que se genera la información.

Para este proyecto se han empleado los datos de la boya *Gijón I*, inactiva desde 2002 y la más cercana a la playa de San Lorenzo, y el nodo *SIMAR 3092038*, situado al este de la ampliación del puerto de El Musel y en profundidades indefinidas.



Ilustración 2 - Boyas (en rojo) y nodos de SIMAR (verde) de los alrededores de Gijón

3.1. NODO SIMAR

Este punto se encuentra ubicado en la longitud -5,667 E y en la latitud 43,583 N, en profundidad indefinida. Aunque se trata de datos simulados y no de lecturas directas de instrumentos físicos en esta localización, la ventaja que ofrece es la amplitud de información, desde el año 1958 hasta la actualidad. A continuación se comenta las características más importantes del oleaje en esta zona.

Las alturas significantes de ola, H_s , más frecuentes son las situadas entre 0,5 y 1 m, suponiendo casi un 40% del total. Las olas cuya altura significativa es igual o inferior a 2,5 suponen casi un 95% de todas las olas históricas. Respecto al período pico T_p , existe una mayor amplitud de valores, siendo los más frecuentes, con un 24%, los situados entre 10 y 12 segundos. Las olas con un período pico entre 4 y 14 segundos representan algo más del 90% del total histórico.

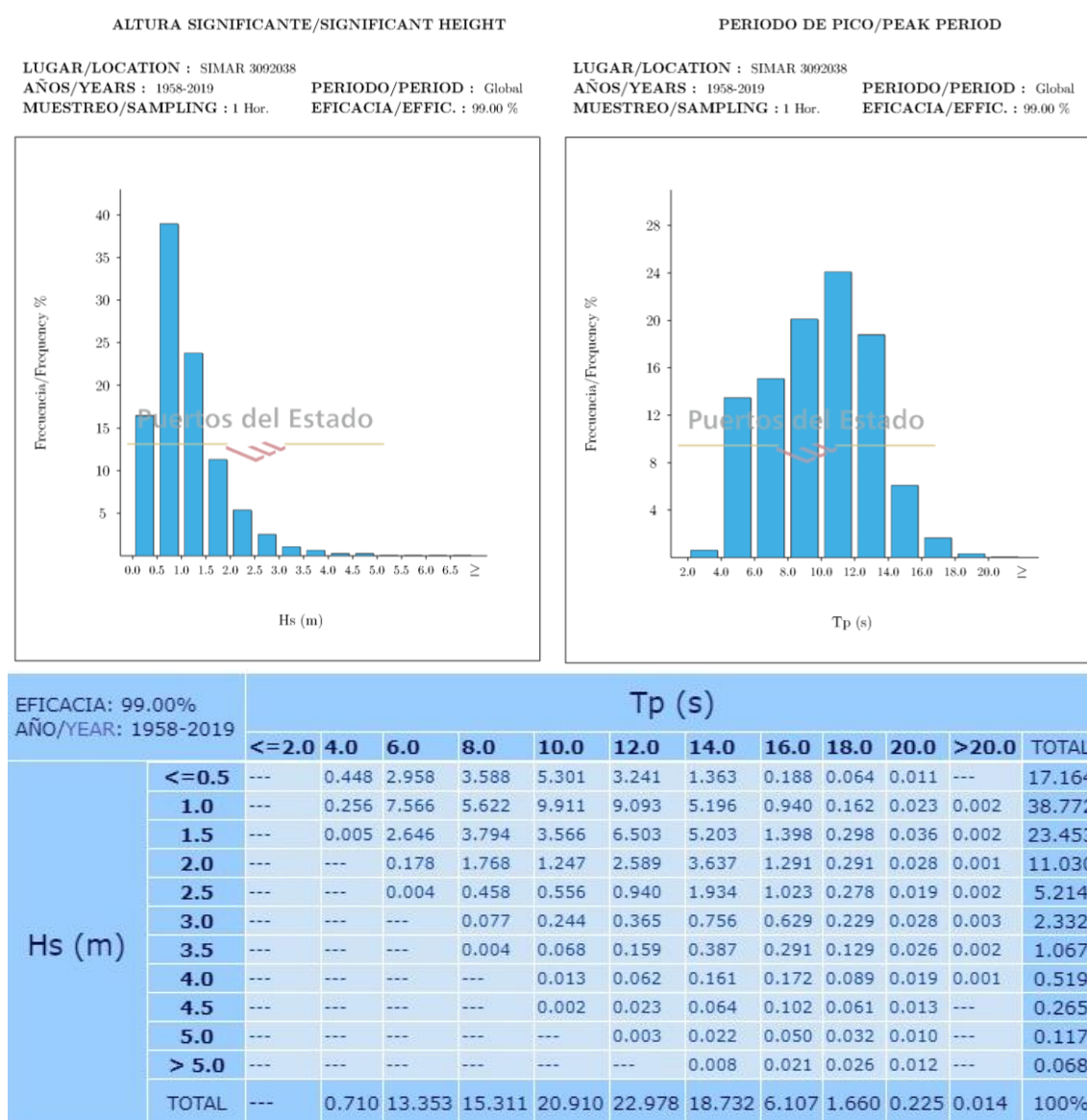


Ilustración 3 - Histogramas de las alturas significantes (arriba izquierda) y de los períodos pico (arriba derecha) del oleaje en el nodo SIMAR entre 1958 y 2019, así como la tabla de relación entre los dos parámetros

Si se segregan estos datos según las estaciones, se puede observar que en invierno las alturas de ola significantes mayores de 1 metro son más frecuentes que en la media, mientras que descienden las inferiores a este valor. Respecto al período de pico, se nota una concentración entre los 10 y 16 segundos.

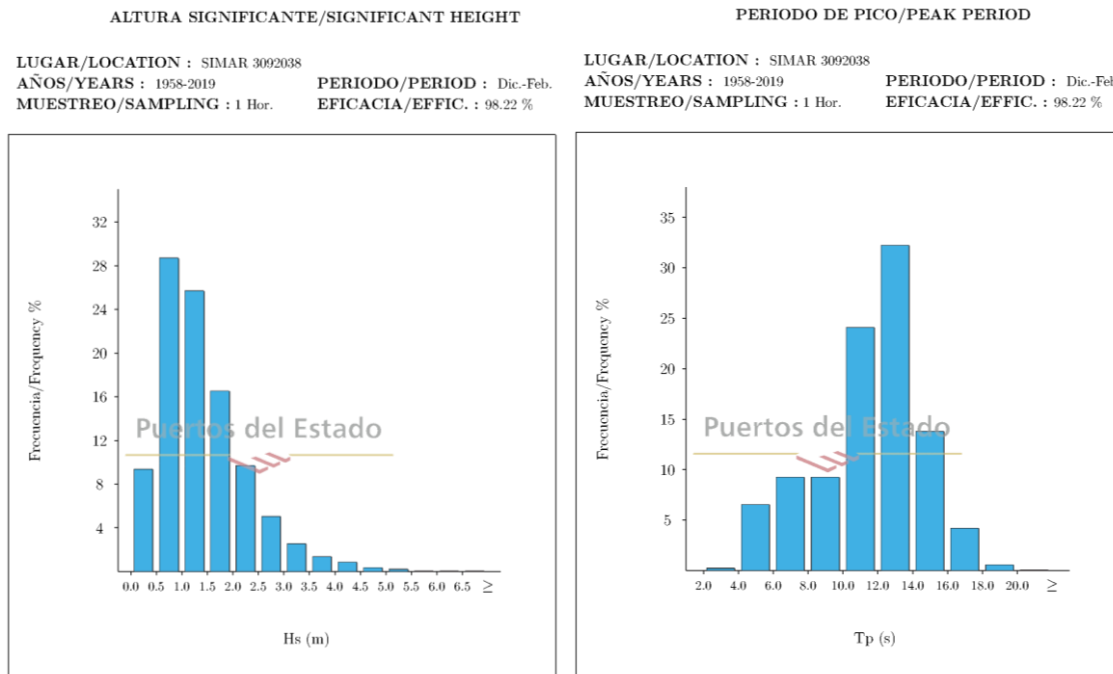


Ilustración 4 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los períodos pico (derecha) del oleaje en el nodo SIMAR de los inviernos entre 1958 y 2019

Los valores obtenidos de altura de ola significativa en primavera son los más similares a la media anual, que también se puede ver en la gráfica de los períodos pico incluida en la Ilustración 5.

En los meses de verano las olas con una H_s entre 0,5 y 1 m suponen más del 50%, mientras que las olas inferiores a 1,5 m suponen un 97%. Referente a los períodos pico, se aprecia una concentración entre los 4 y los 12 segundos comparándolos con el histograma medio.

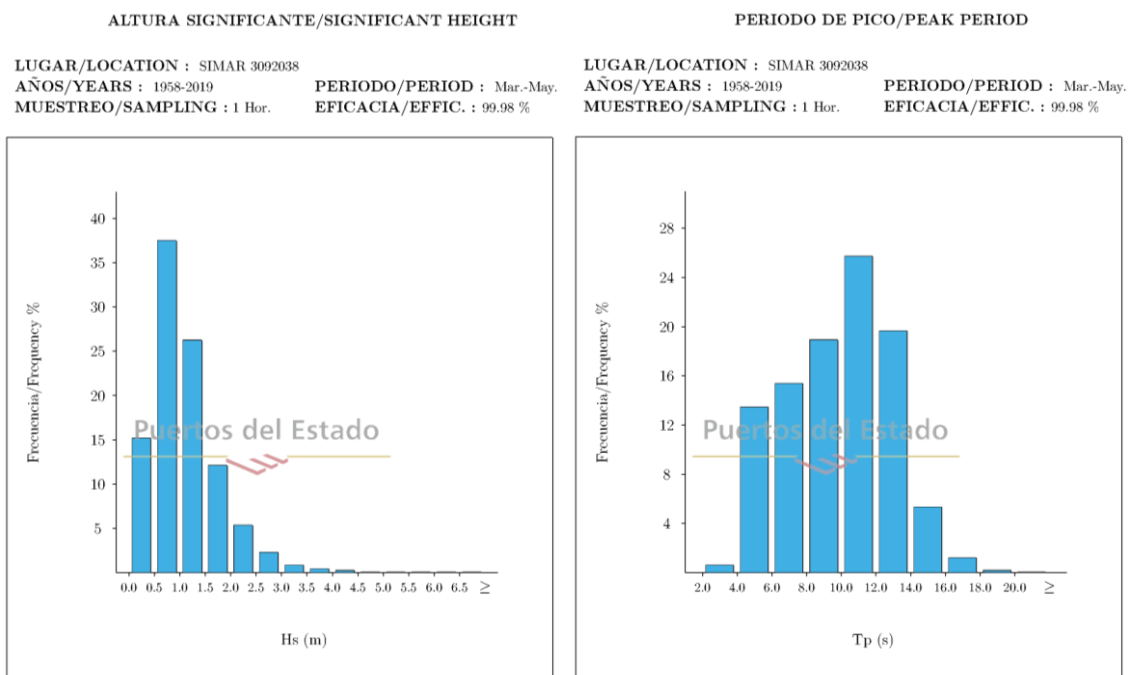


Ilustración 5 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los periodos pico (derecha) del oleaje en el nodo SIMAR de las primaveras entre 1958 y 2019

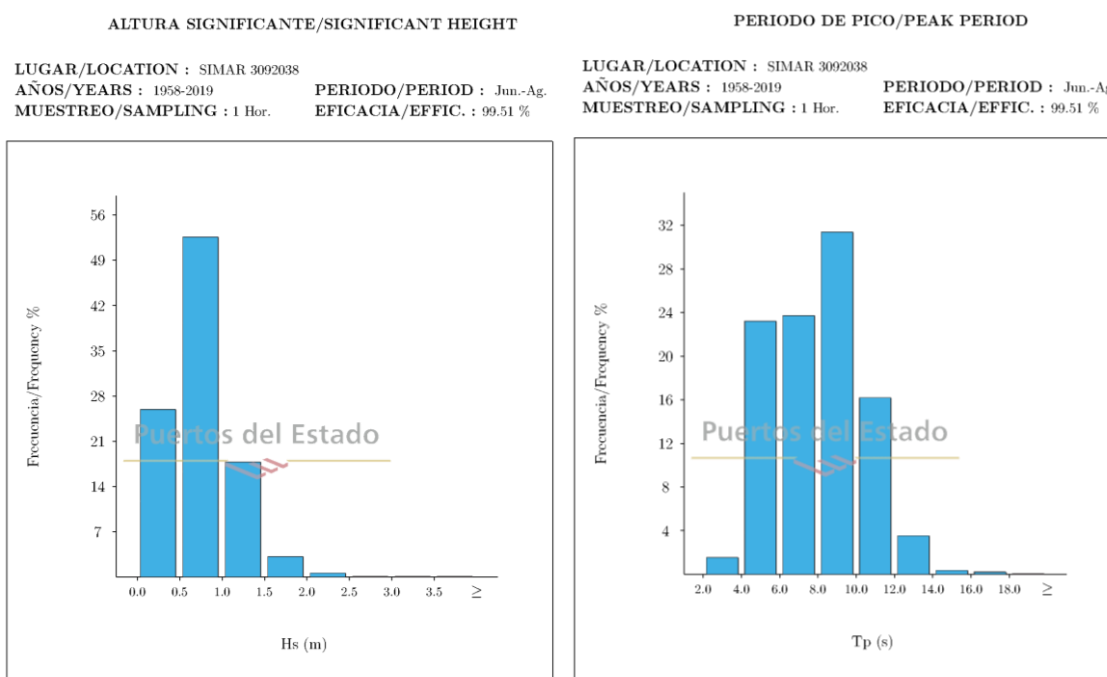


Ilustración 6 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los periodos pico (derecha) del oleaje en el nodo SIMAR de los veranos entre 1958 y 2019

En otoño se observa un incremento en la frecuencia de las alturas superiores a 1 m y un descenso en las inferiores, aunque más suaves que las variaciones de invierno, mientras que en los periodos pico se comprueba un descenso en la frecuencia por debajo de 8 segundos respecto de la media anual.

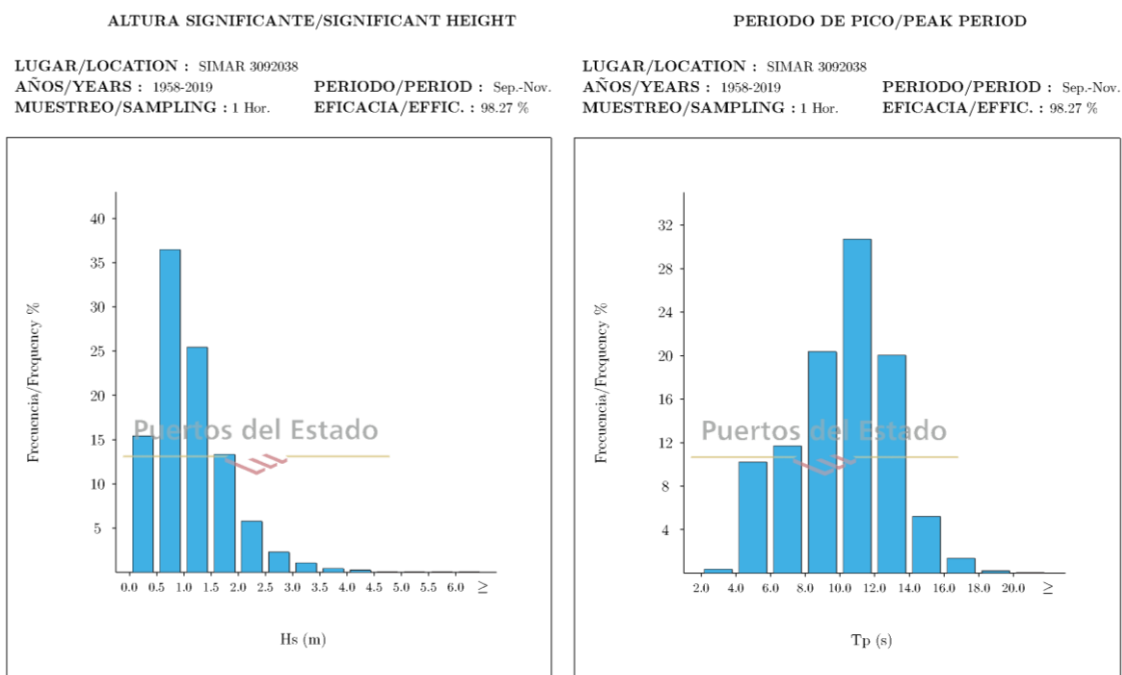


Ilustración 7 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los periodos pico (derecha) del oleaje en el nodo SIMAR de los otoños entre 1958 y 2019

Si se combina la altura significativa y el período pico de las olas con la dirección de procedencia de las mismas se pueden obtener las rosas de oleaje, donde se puede comprobar que la dirección predominante es la norte-noroeste (NNW), de donde llega más de la mitad de las olas, siendo las siguientes en importancia el norte (N), el noroeste (NW), el norte-noreste (NNE), el noreste (NE), de menor manera el este-noreste (ENE) y de forma apenas testimonial el oeste-noroeste (WNW) y el este (E). Esto se debe a que, obviamente, la costa cantábrica está orientada al norte, y a que el Cabo de Peñas, ubicado al oeste de Gijón, hace de pantalla ante oleajes del oeste.

Respecto a la rosa del oleaje con la altura de altura significativa, se comprueba que el mayor rango de alturas se da en la dirección predominante, norte-noroeste (NNW), mientras que en el resto de las direcciones se observa una mayor predominancia de las olas con alturas inferiores a 1 metro. El oleaje con alturas significantes superiores a 4 m, sin embargo, se puede dar en cualquiera de las direcciones principales. Si se toma como límite una altura de 0,2 metros, se determina que los períodos de calma supusieron únicamente un 1,66% del tiempo.

Referente a la relación entre los períodos pico del oleaje y la dirección del mismo, se observa una mayor homogeneidad en cuanto al rango de periodos en cada dirección, pudiendo darse cualquiera de los periodos frecuentes en todas las direcciones existentes en este nodo SIMAR. En este caso se ha toma como criterio de calma períodos inferiores a 0,2 segundos, lo cual no sucedió en todo el espectro entre 1958 y 2019.

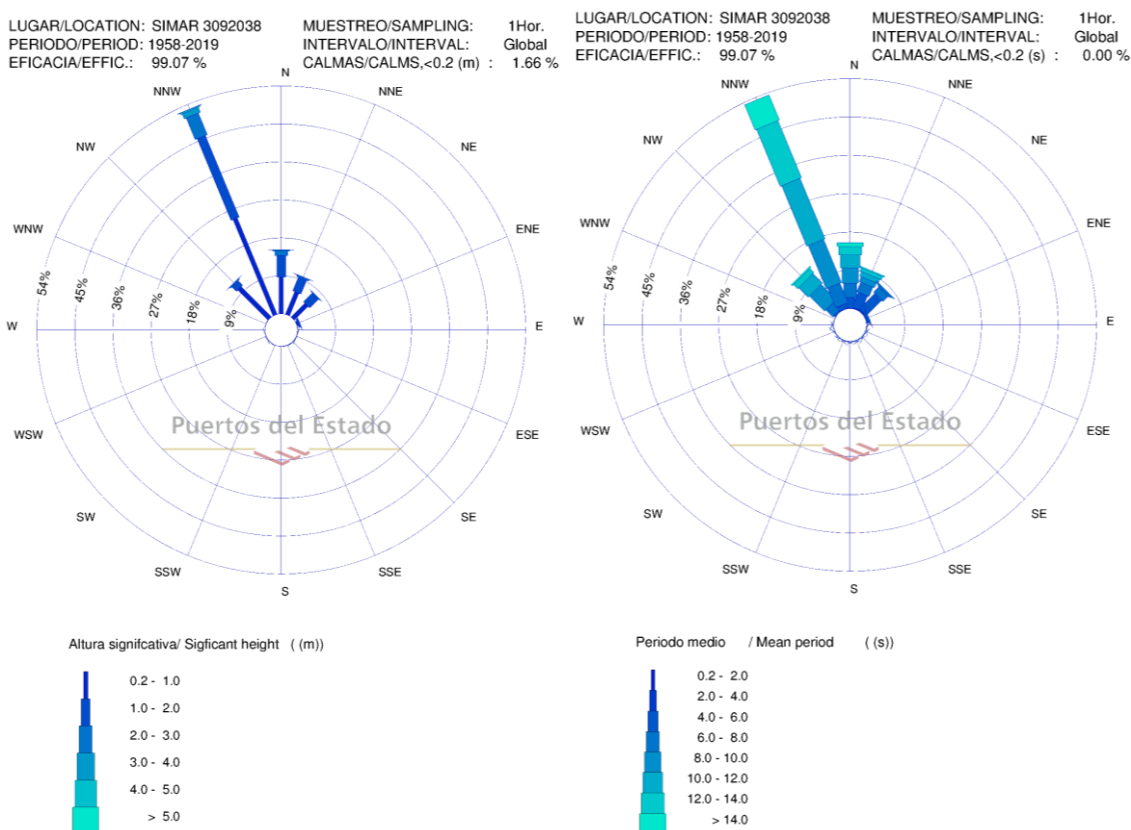


Ilustración 8 - Rosas de oleaje de altura significativa (izquierda) y de periodo pico (derecha) del oleaje del nodo SIMAR entre 1958 y 2019

Separando los datos estacionalmente, como se hizo anteriormente, se puede ver las variaciones tanto en dirección como en altura significativa y en período pico, aunque estos últimos ya se han analizado anteriormente.

En invierno se observa una predominancia aún mayor de los oleajes del nortenoeste (NNW) alcanzando casi el 65% de frecuencia, mientras que el resto de direcciones sufre un descenso. Los períodos de calma, según el criterio de la altura de ola, supusieron algo menos de un 1%.

Las frecuencias de las direcciones de las olas en primavera son muy similares a las indicadas en la media, con un ligero descenso de los oleajes proveniente del nortenoeste en favor de los llegados del norte. En esta estación durante un 1,5% del tiempo se produjeron condiciones de calma, fijándose en la altura significativa.

En los meses de verano descienden los oleajes llegados de la dirección predominante, NNW, aumentando las frecuencias en el resto de direcciones existentes en este nodo. Durante estos meses las situaciones de calma, con el criterio de altura de ola, se dieron durante un 2,35%.

En otoño sucede de forma similar a lo indicado para las rosas de invierno, aunque en menor medida, alcanzando los períodos de calma un %, considerando la altura significativa.

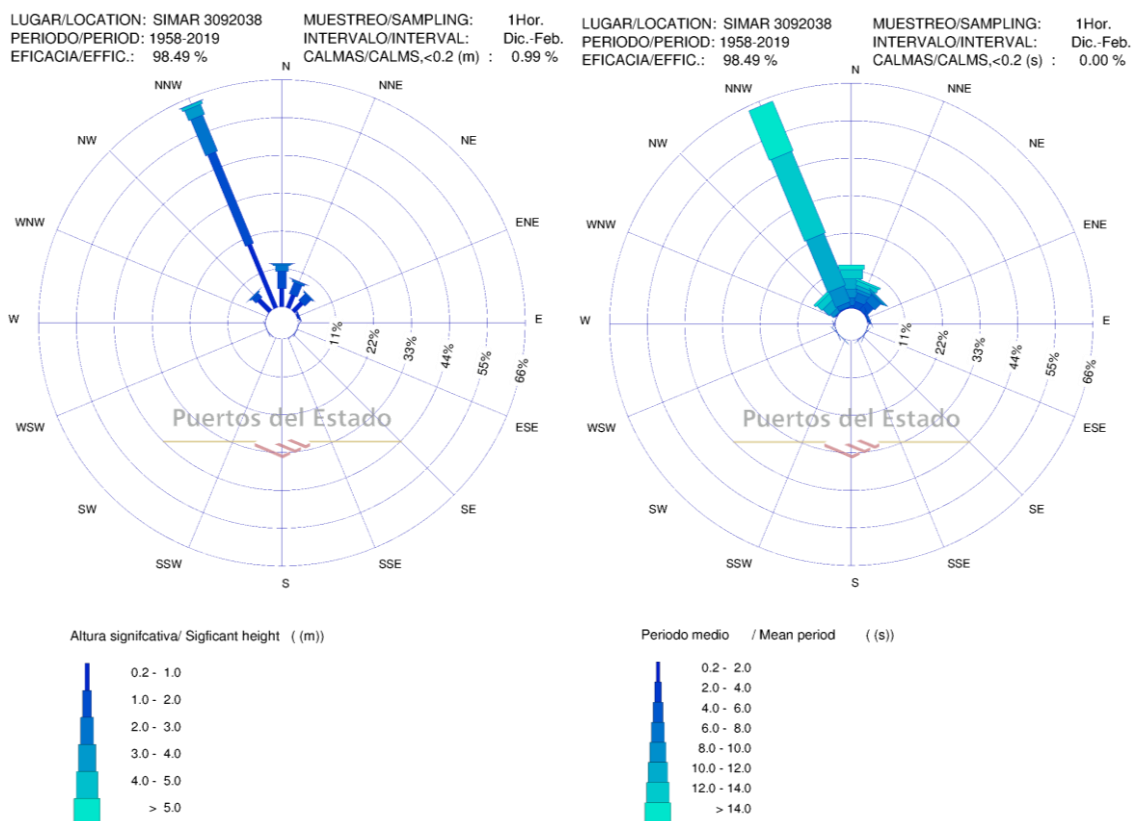


Ilustración 9 - Rosas de oleaje de altura significativa (izquierda) y de periodo pico (derecha) del oleaje del nodo SIMAR de los inviernos entre 1958 y 2019



Ilustración 10 - Rosas de oleaje de altura significativa (izquierda) y de periodo pico (derecha) del oleaje del nodo SIMAR de las primaveras entre 1958 y 2019

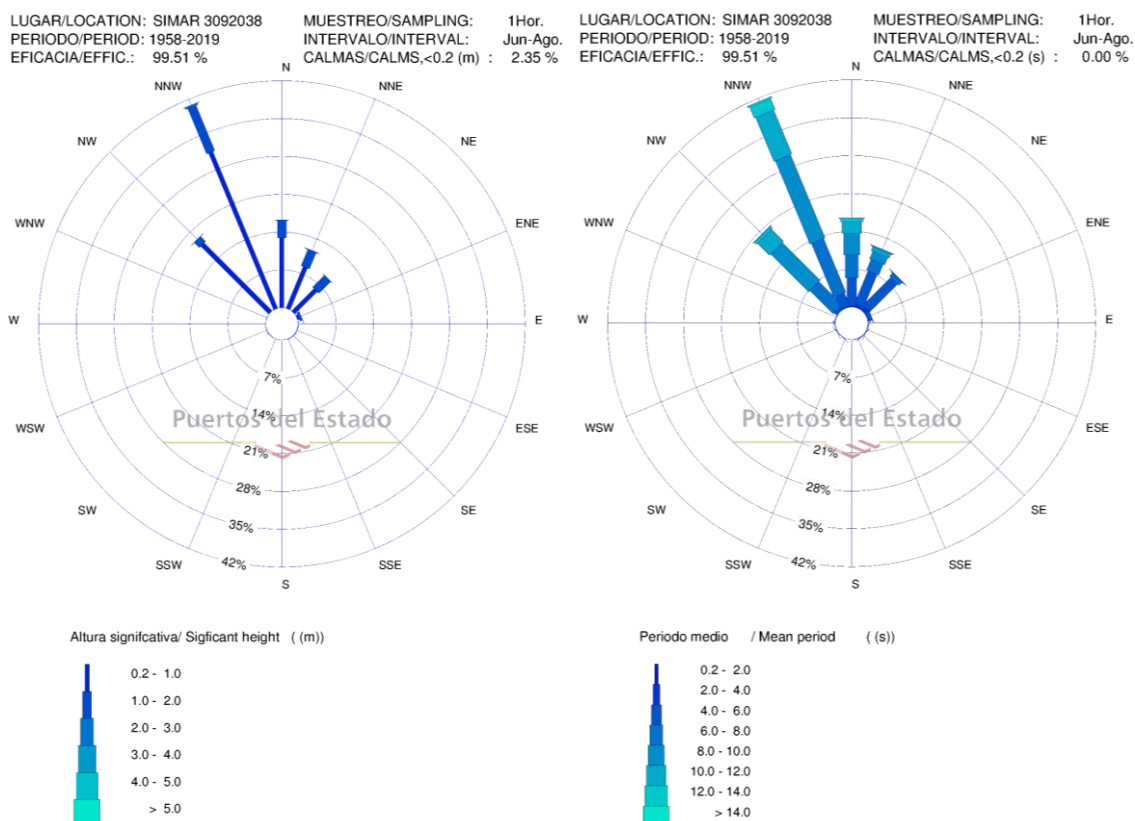


Ilustración 11 - Rosas de oleaje de altura significativa (izquierda) y de periodo pico (derecha) del oleaje del nodo SIMAR de los veranos entre 1958 y 2019

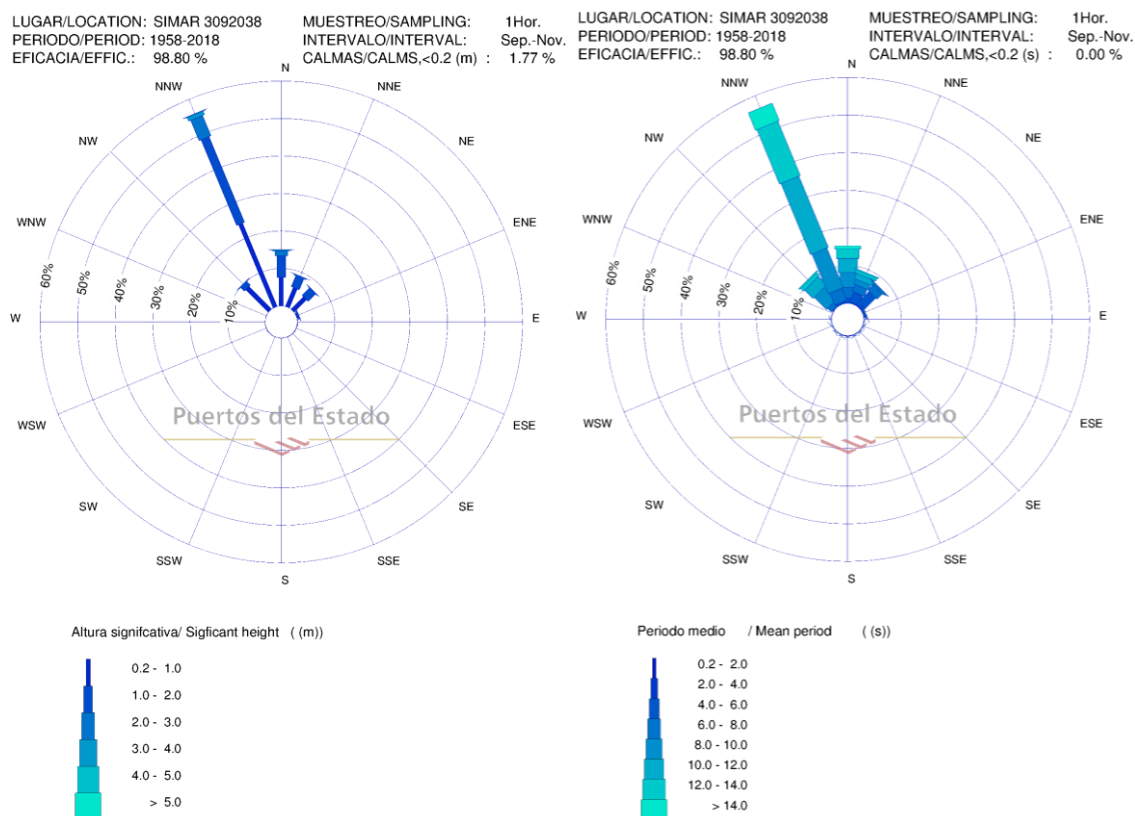


Ilustración 12 - Rosas de oleaje de altura significativa (izquierda) y de periodo pico (derecha) del oleaje del nodo SIMAR de los otoños entre 1958 y 2019

El régimen medio de altura significativa obtenido con los datos del nodo SIMAR se indica en la siguiente figura, que incluye los parámetros Weibull.

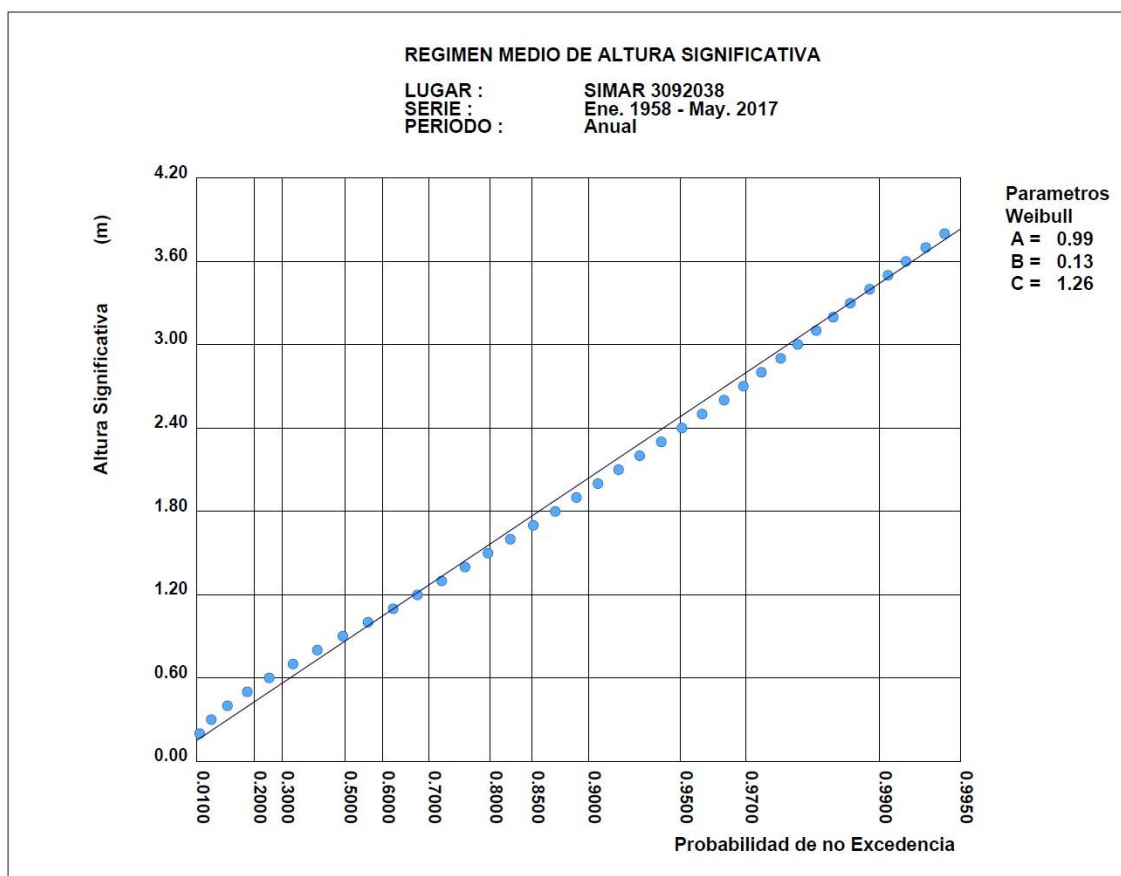


Ilustración 13 - Régimen medio de altura significativa para la serie de datos del nodo SIMAR entre enero de 1958 y mayo de 2017

De los datos del punto simulado también se pueden obtener las gráficas de las medias y los máximos mensuales históricos de la altura significativa H_s , del período pico T_p y del período medio T_m , que se incluyen a continuación.

Seguidamente se han incluido las gráficas con los datos horarios de la altura significativa del oleaje desde enero de 1958 hasta agosto de 2019.

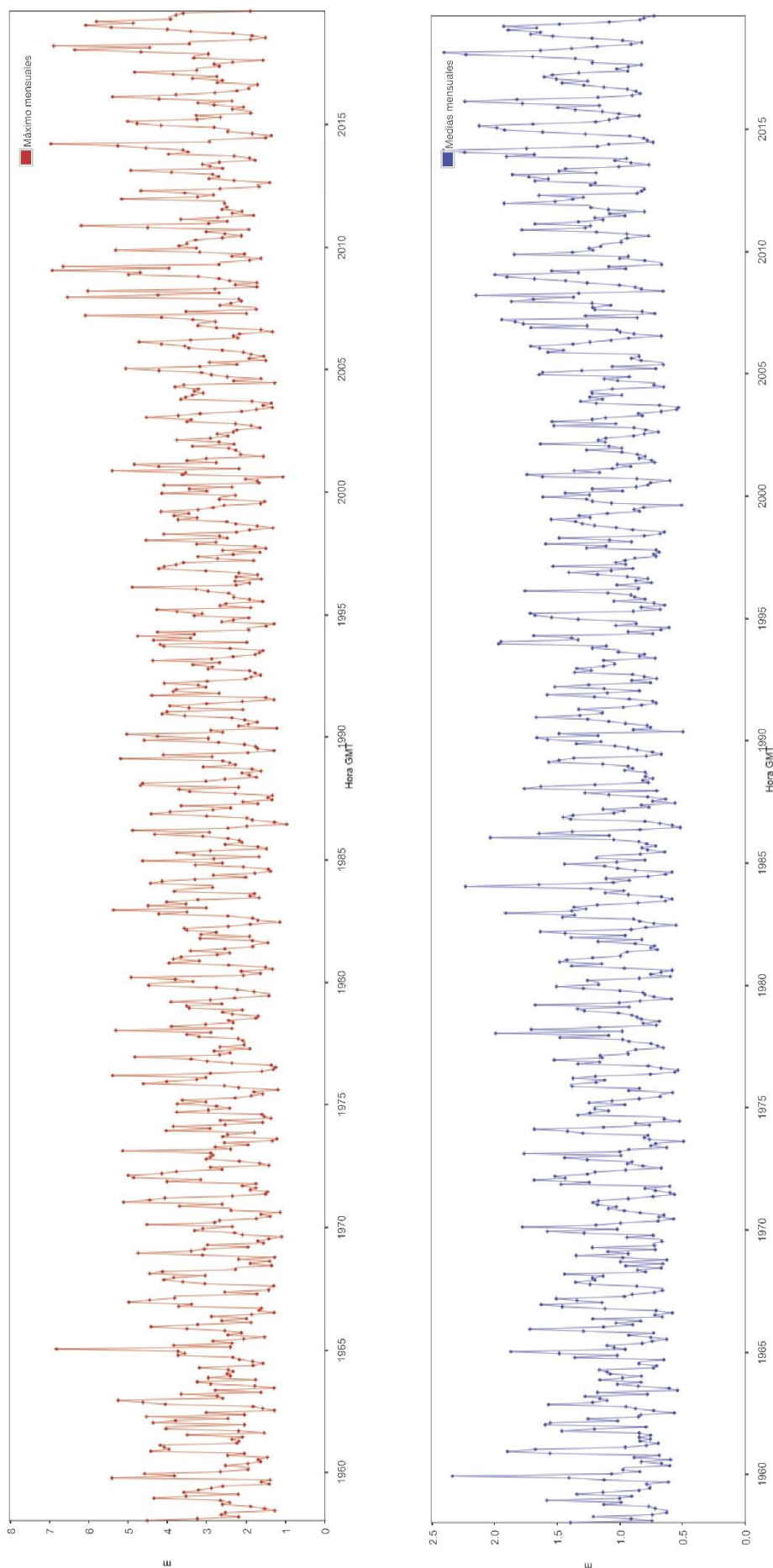
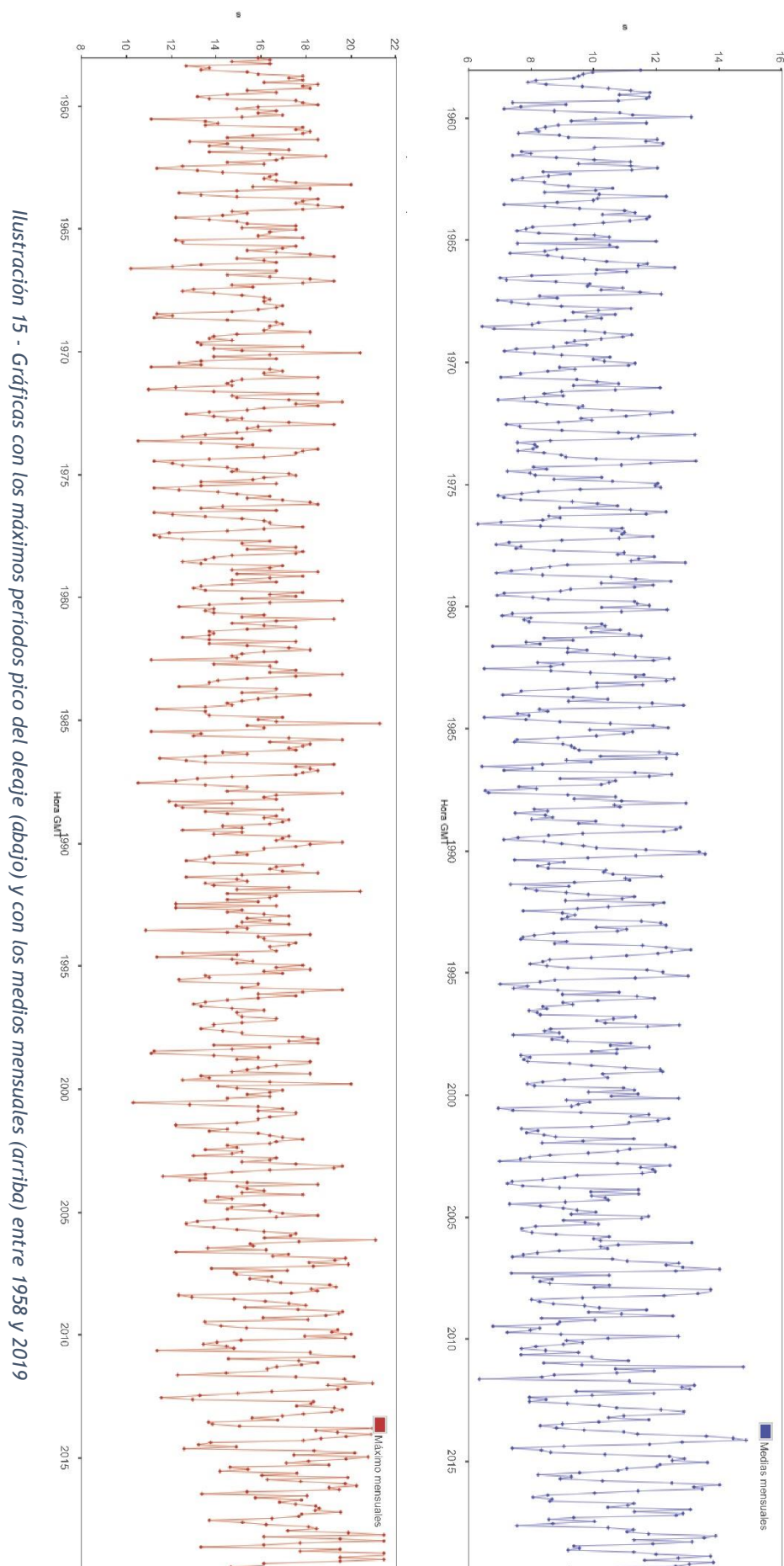


Ilustración 14 - Gráficas con las máximas alturas de ola significativa (arriba) y con las medias mensuales (abajo) entre 1958 y 2019



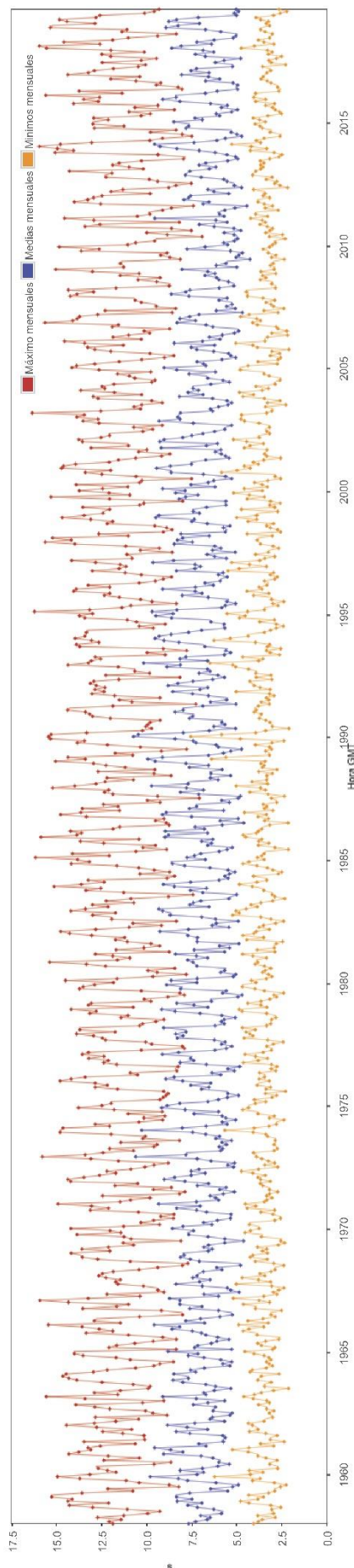


Ilustración 16 - Gráfica con los máximos períodos medios de oleaje (rojo), los medios (azul) y los mínimos mensuales (amarillo) entre 1958 y 2019



Ilustración 17 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 1958 y 1971



Ilustración 18 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 1972 y 1985

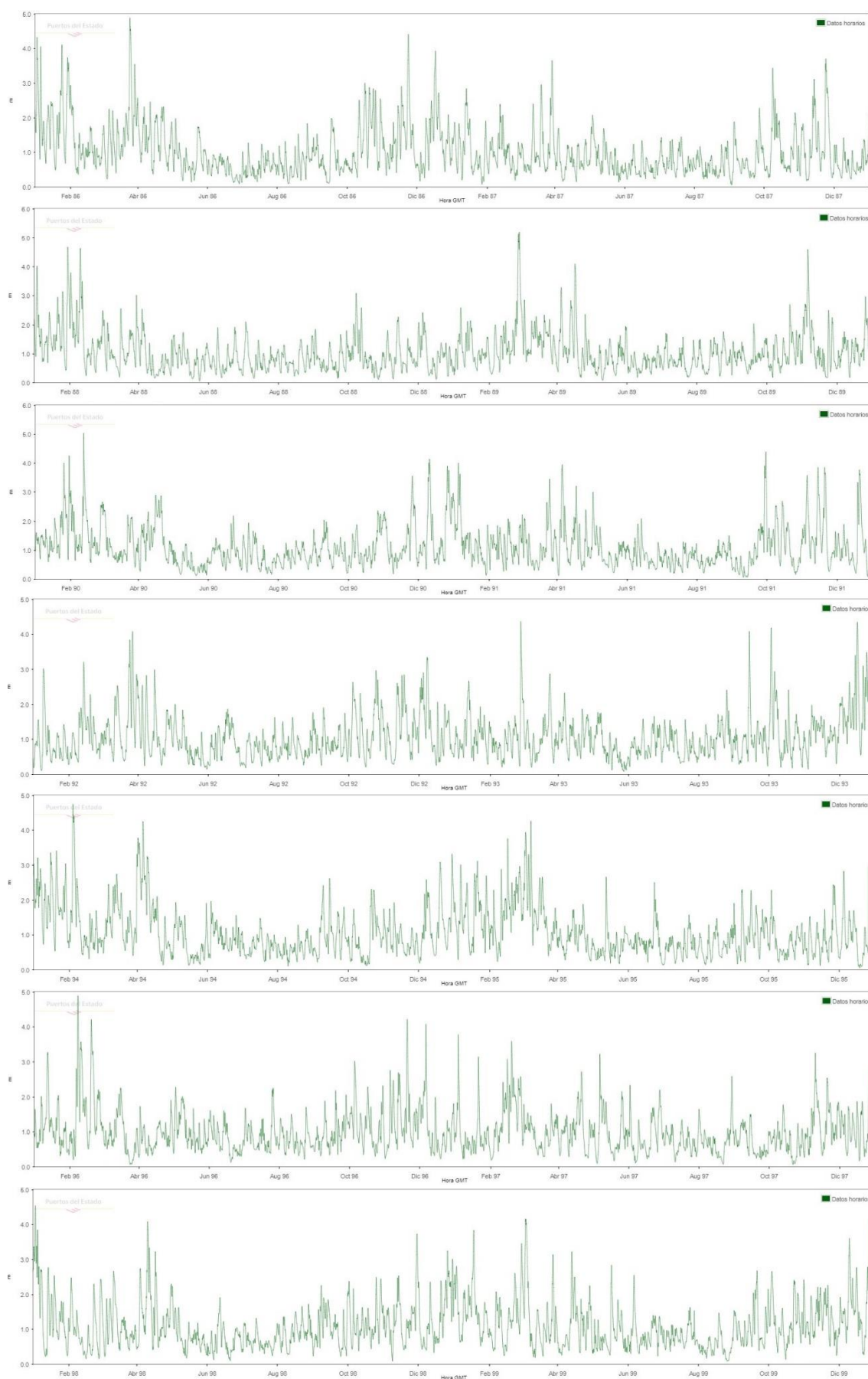


Ilustración 19 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 1986 y 1999



Ilustración 20 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 2000 y 2013



Ilustración 21 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 2014 y 2019

3.2. BOYA GIJÓN I

Esta boya se encontraba ubicada en la longitud -3,143 E y en la latitud 43,567 N, punto donde el mar presenta una profundidad de 23 metros. En este caso se trata de lecturas directas de instrumentos físicos en esta localización, con lo que la principal ventaja que presenta es la fiabilidad de los datos. Actualmente esta estación no se encuentra activa, existiendo información únicamente hasta 2002. A continuación se comenta las características más importantes del oleaje en esta zona.

Las alturas significantes de ola, H_s , más frecuentes son las situadas entre 0,5 y 1 m, suponiendo casi un 32% del total, algo menor que en el nodo SIMAR. Las olas cuya altura significativa es igual o inferior a 2,5 suponen casi un 90% de todas las olas históricas, valor que también es inferior al obtenido en el nodo SIMAR. Respecto al período pico T_p , existe una mayor amplitud de valores, siendo los más frecuentes, con un 22%, los situados entre 10 y 12 segundos. Las olas con un período pico entre 4 y 14 segundos representan algo más del 85% del total histórico.

ALTURA SIGNIFICANTE/SIGNIFICANT HEIGHT

PERIODO DE PICO/PEAK PERIOD

LUGAR/LOCATION : Boya Gijón 1

AÑOS/YEARS : 1981-2002

MUESTREO/SAMPLING : 1 Hor.

PERIODO/PERIOD : Global

EFICACIA/EFFIC. : 61.48 %

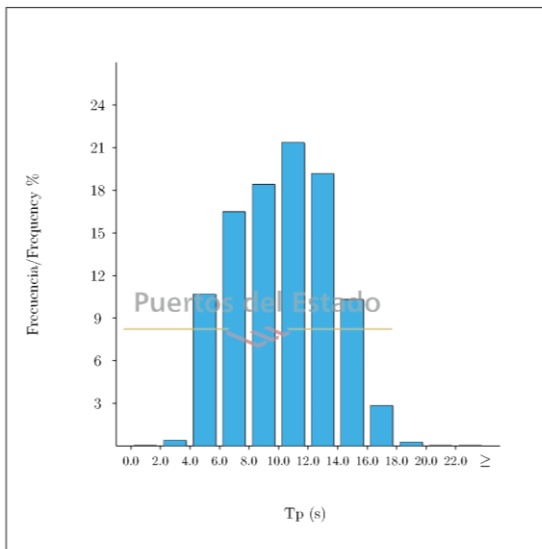
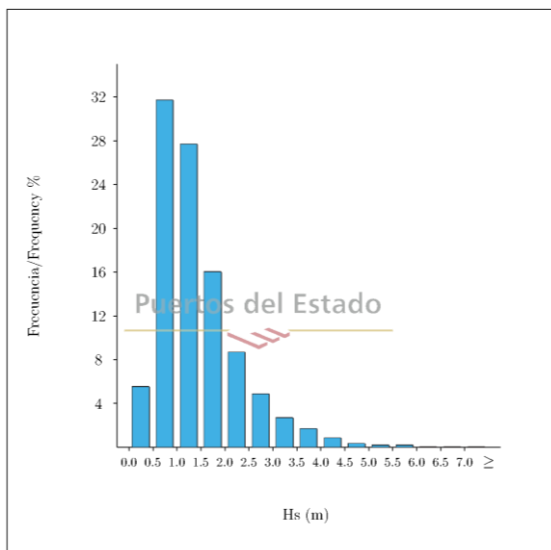
LUGAR/LOCATION : Boya Gijón 1

AÑOS/YEARS : 1981-2002

MUESTREO/SAMPLING : 1 Hor.

PERIODO/PERIOD : Global

EFICACIA/EFFIC. : 61.48 %



EFICACIA: 61.48% AÑO/YEAR: 1981-2002		Tp (s)											
		<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	TOTAL
Hs (m)	<=1.0	---	0.466	8.473	7.902	9.098	7.483	3.492	0.920	0.225	0.050	0.003	38.111
	2.0	---	0.007	2.254	8.422	7.245	10.964	9.535	3.608	0.682	0.084	0.010	42.811
	3.0	---	---	0.004	0.687	1.356	2.452	4.667	3.548	0.619	0.043	0.003	13.379
	4.0	---	---	---	0.017	0.184	0.388	1.254	1.799	0.559	0.022	0.002	4.225
	5.0	---	---	---	---	0.008	0.050	0.225	0.554	0.324	0.019	0.003	1.181
	6.0	---	---	---	---	---	0.003	0.029	0.094	0.106	0.018	---	0.249
	7.0	---	---	---	---	---	---	0.003	0.016	0.020	0.002	---	0.041
	8.0	---	---	---	---	---	---	---	---	0.003	---	---	0.003
	9.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	10.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	>10.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	TOTAL	---	0.473	10.731	17.028	17.891	21.339	19.204	10.540	2.537	0.237	0.020	100%

Ilustración 22 - Histogramas de las alturas significantes (arriba izquierda) y de los periodos pico (arriba derecha) del oleaje en la boya Gijón I entre 1981 y 2002, así como la tabla de relación entre los dos parámetros

Si se segregan estos datos según las estaciones, se puede observar que en invierno las alturas de ola significantes mayores de 1,5 metro son más frecuentes que en la media, mientras que descienden las inferiores a este valor. Respecto al período de pico, se nota una concentración entre los 10 y 16 segundos.

Los valores obtenidos de altura de ola significativa en primavera son los más similares a la media anual, que también se puede ver en la gráfica de los periodos pico incluida en la Ilustración 24.

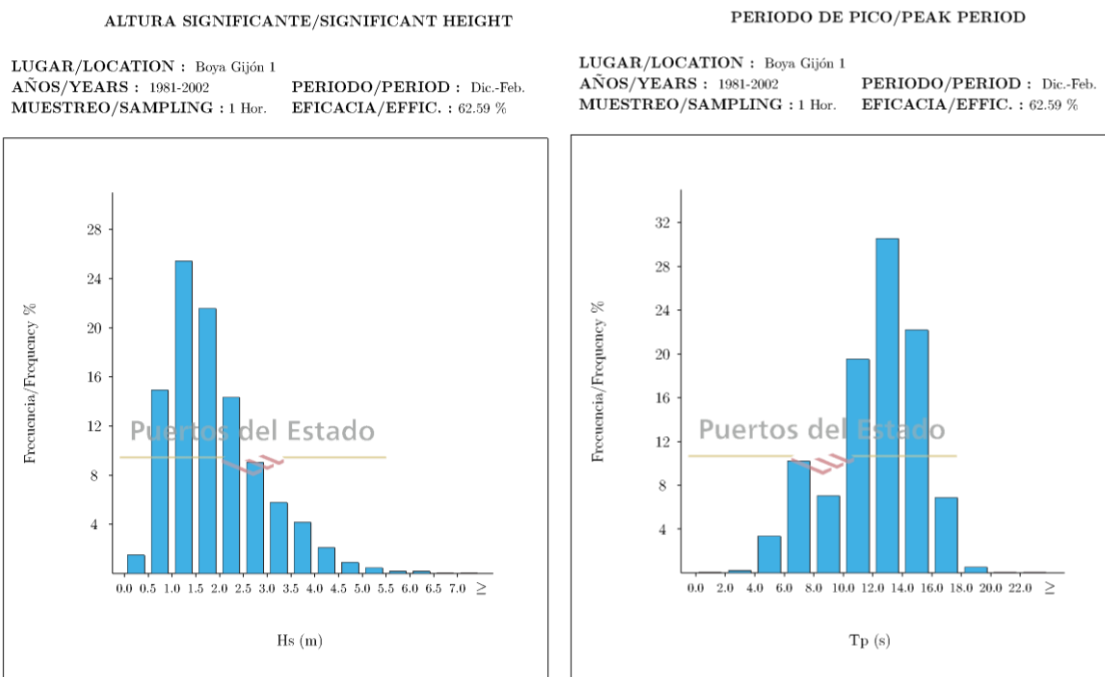


Ilustración 23 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los periodos pico (derecha) del oleaje en la boya Gijón I de los inviernos entre 1981 y 2002

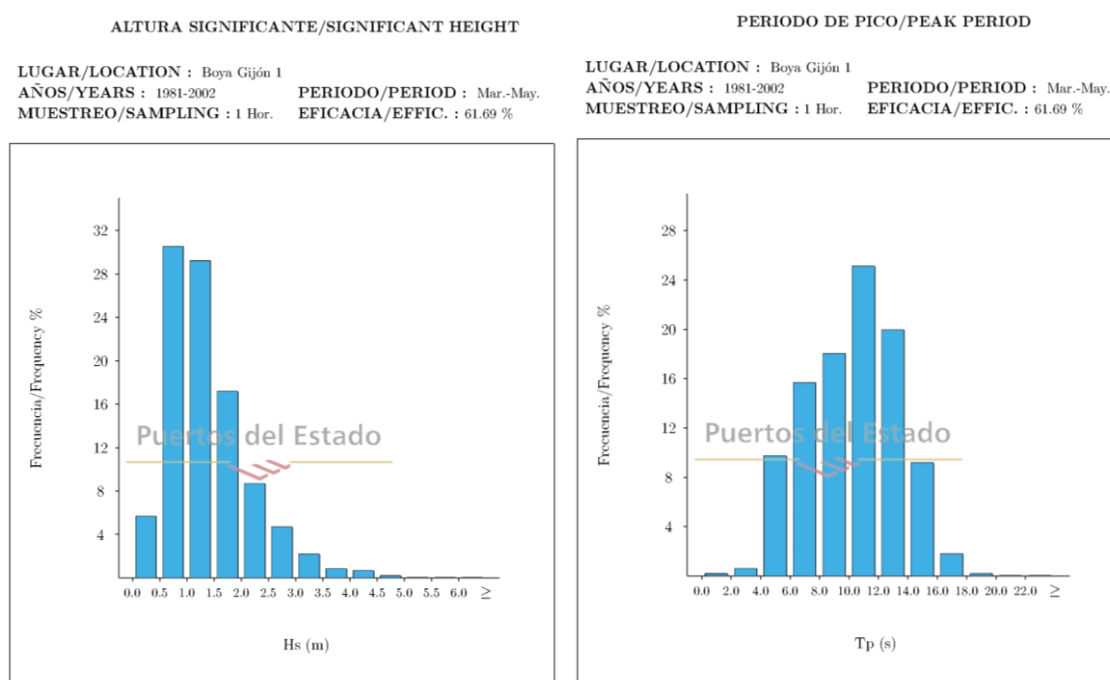


Ilustración 24 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los periodos pico (derecha) del oleaje en la boya Gijón I de las primaveras entre 1981 y 2002

En los meses de verano las olas con una Hs entre 0,5 y 1 m suponen alrededor del 54%, mientras que las olas inferiores a 1,5 m suponen más de un 90%. Referente a los periodos pico, se aprecia una concentración entre los 4 y los 10 segundos comparándolos con el histograma medio.

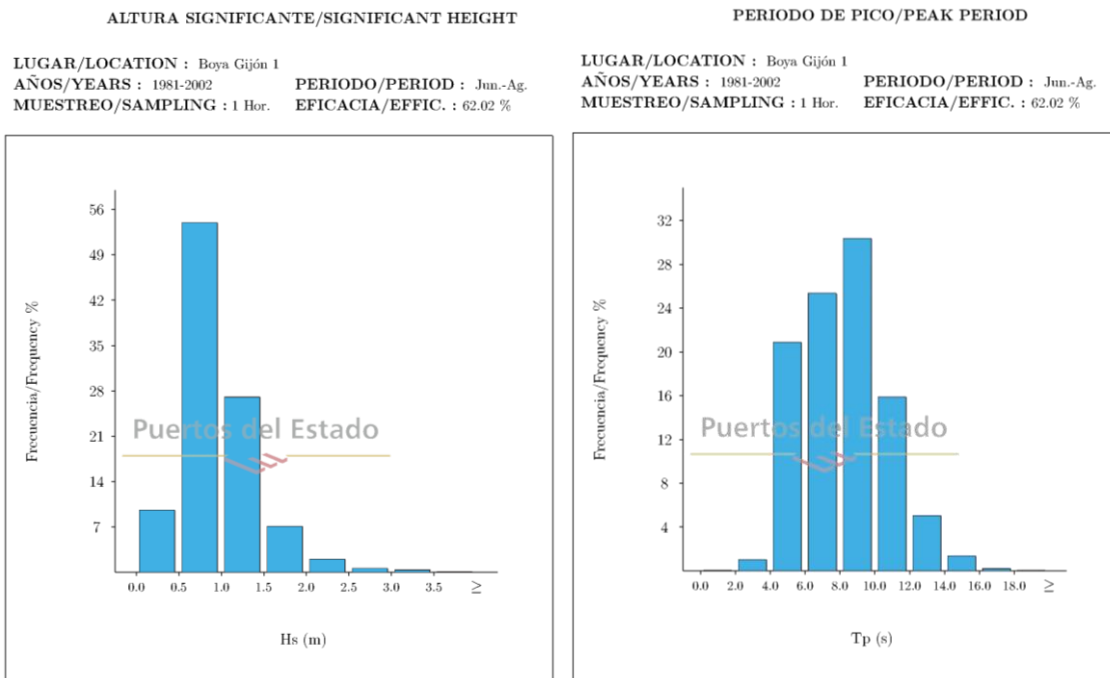


Ilustración 25 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los períodos pico (derecha) del oleaje en la boya Gijón I de los veranos entre 1981 y 2002

En otoño se observa un incremento en la frecuencia de las alturas superiores a 1 m y un descenso en las inferiores, aunque más suaves que las variaciones de invierno, mientras que en los períodos pico se comprueba un descenso en la frecuencia por debajo de 10 segundos y por encima de 14 respecto de la media anual.

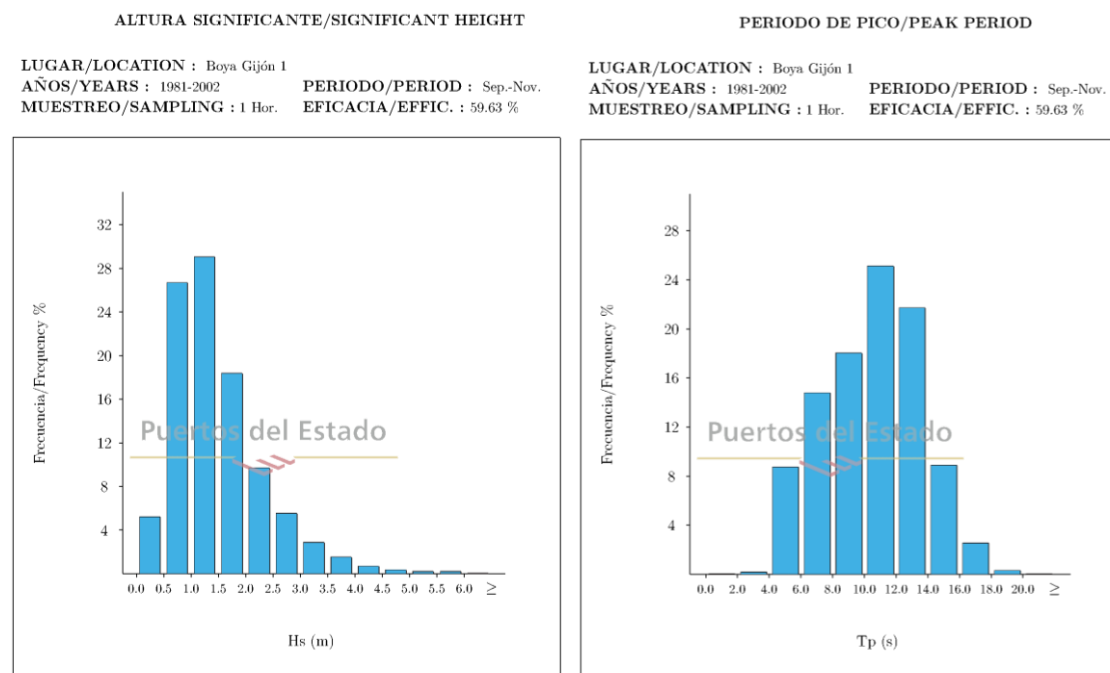


Ilustración 26 - Histogramas de las alturas significantes (izquierda) y de los períodos pico (derecha) del oleaje en la boya Gijón I de los otoños entre 1981 y 2002

El régimen medio de altura significativa obtenido con los datos de la boya Gijón I se indica en la siguiente figura, que incluye los parámetros Weibull.

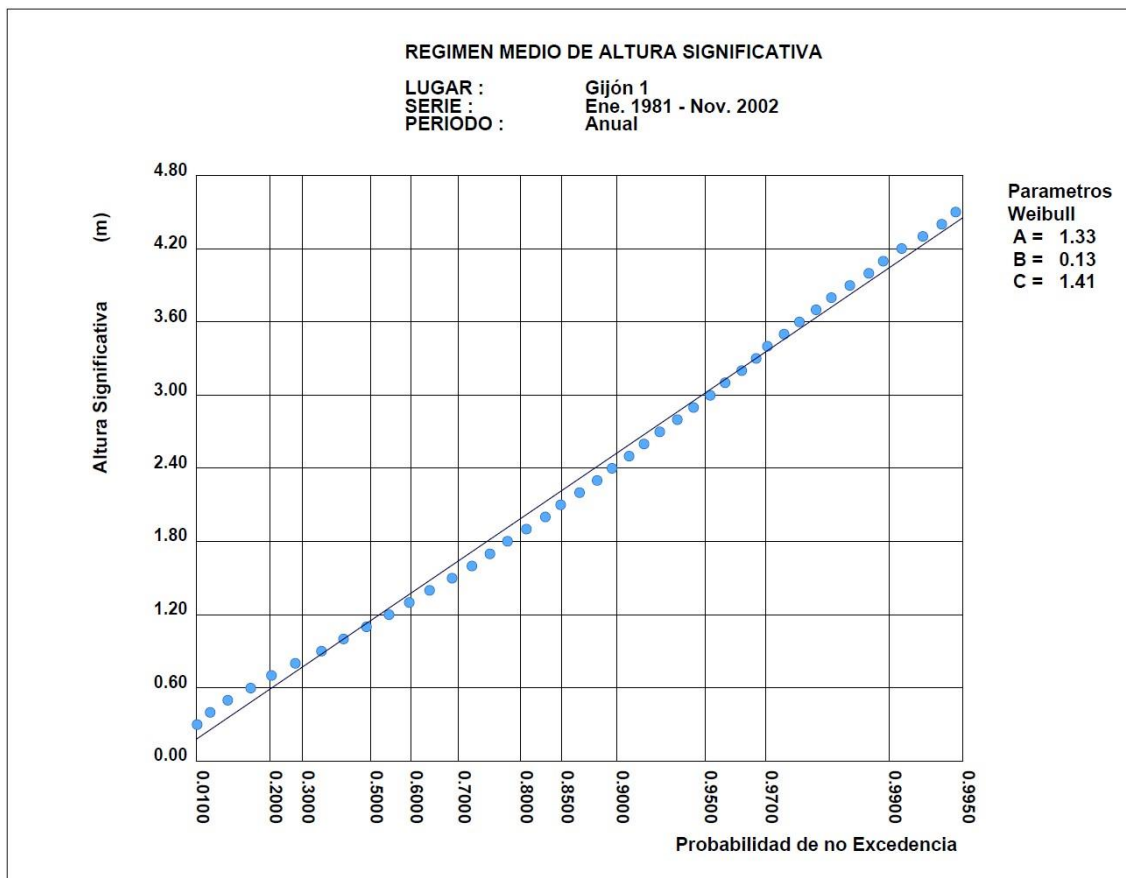
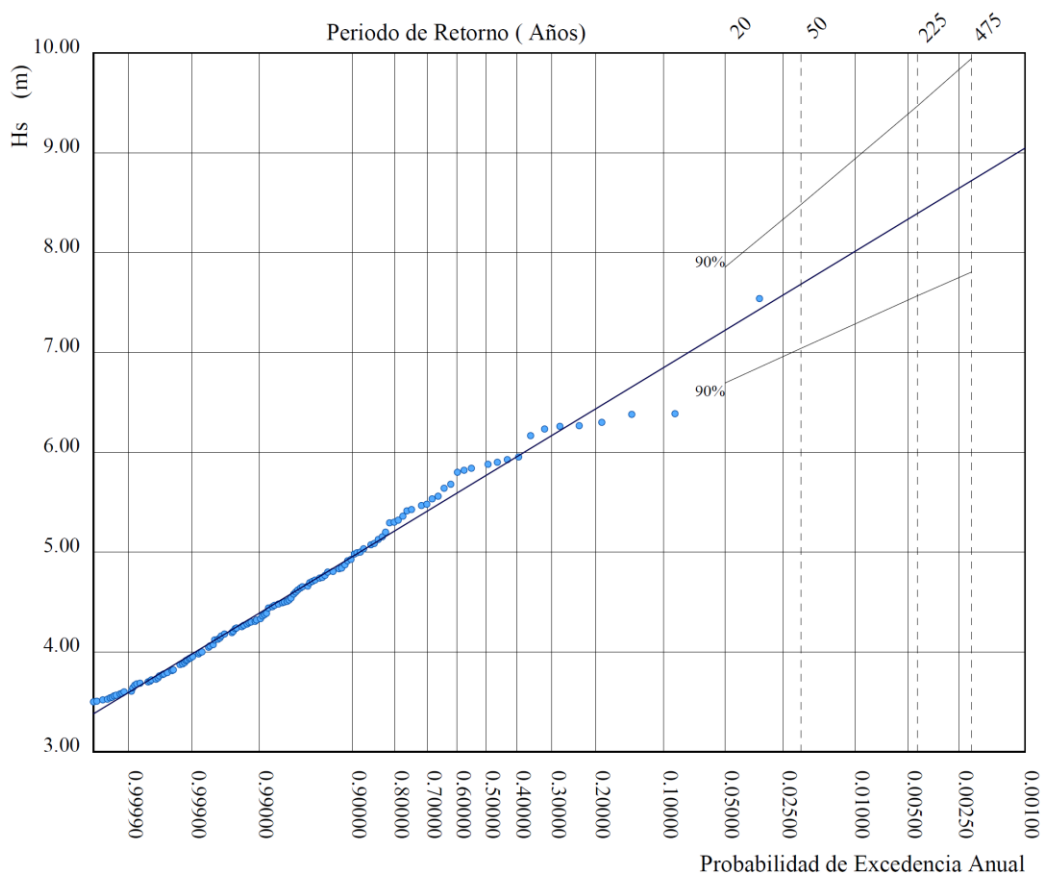


Ilustración 27 - Régimen medio de altura significativa para la serie de datos de la boya Gijón I entre enero de 1981 y noviembre de 2002

Además, en el caso de la boya Gijón I también se dispone del modelo extremal ajustado, que incluye un gráfico con el ajuste de los valores extremos a una distribución Weibull, una tabla con resultados asociados a un conjunto de períodos de retorno de uso frecuente, los parámetros del modelo ajustado, y la relación entre la altura significativa de ola y el periodo de pico esperado. Todo ello se indica en la figura siguiente.

LUGAR : Gijón 1
PARÁMETRO : Altura Significante SERIE ANALIZADA : Ene. 1981 - Nov. 2002
PROFUNDIDAD : 23.0



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	225.00	475.00
Estima Central de H_s (m)	7.22	7.68	8.39	8.72
Banda Sup. 90% H_s	7.85	8.48	9.47	9.95
Valor Esperado de T_p (s)	17.33	17.66	18.14	18.36
Prob. de Exc. en 20 Años	0.64	0.33	0.09	0.04
Prob. de Exc. en 50 Años	0.92	0.64	0.20	0.10

Parametros del Ajuste POT de Altura Significante

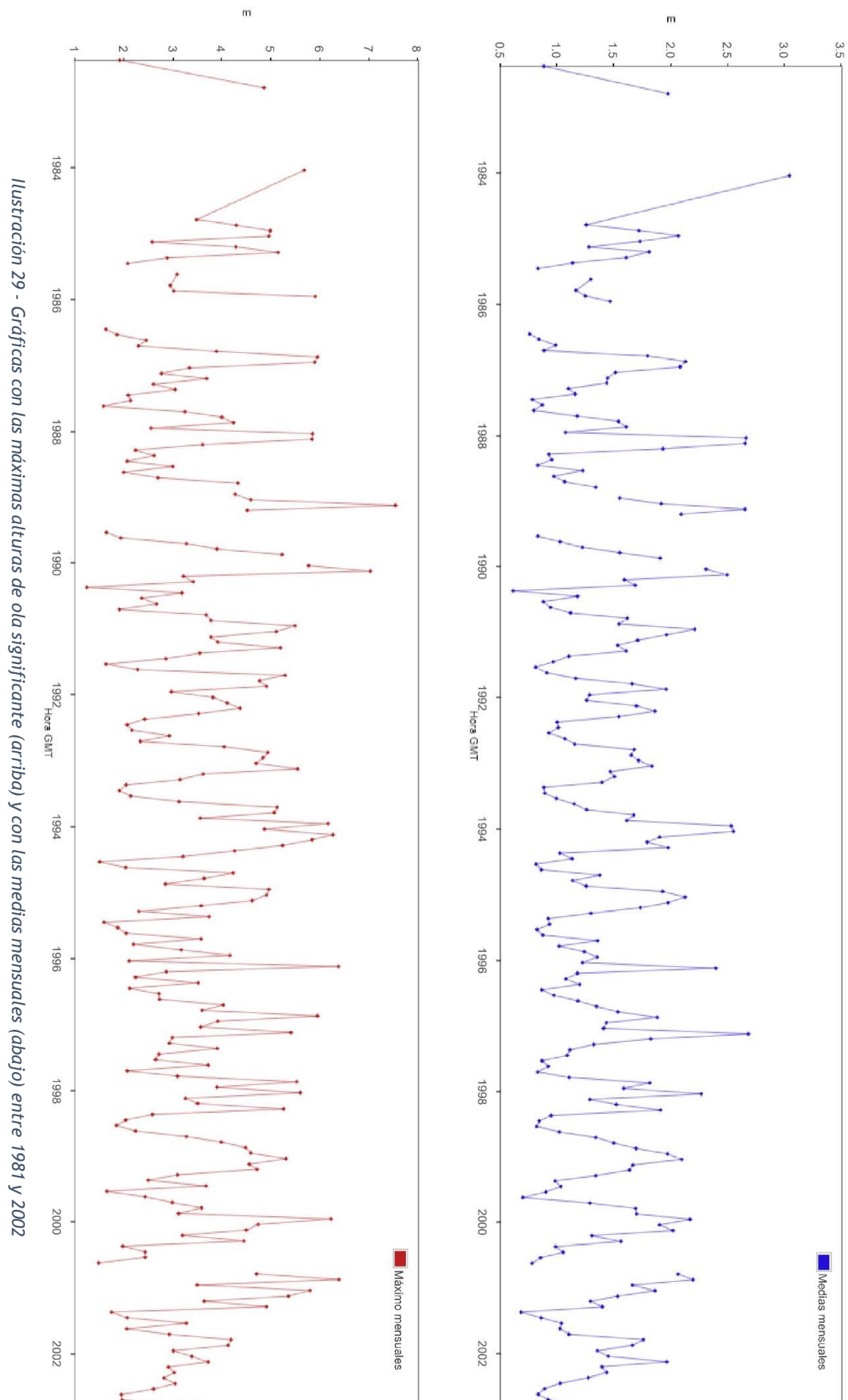
Umbral de Excedencia	3.50 (m)	Parametros de la	Alfa = 3.35
Num. Min. de Dias Entre Picos	5.00	Distribucion Weibull	Beta = 1.22
Num. Med. Anual de Picos (Lambda)	10.18	de Excedencias	Gamma = 1.44

Relacion entre Altura Significante (m) y Periodo de Pico (s)

$$T_p = 9.46 H_s^{0.31}$$

Ilustración 28 - Régimen extremal de oleaje para la serie de datos de la boya Gijón I entre 1981 y 2002

De los datos del instrumento también se pueden obtener las gráficas de las medias y los máximos mensuales históricos de la altura significativa H_s , de la altura máxima H_{max} , del período pico T_p y del período medio T_m , que se incluyen a continuación.



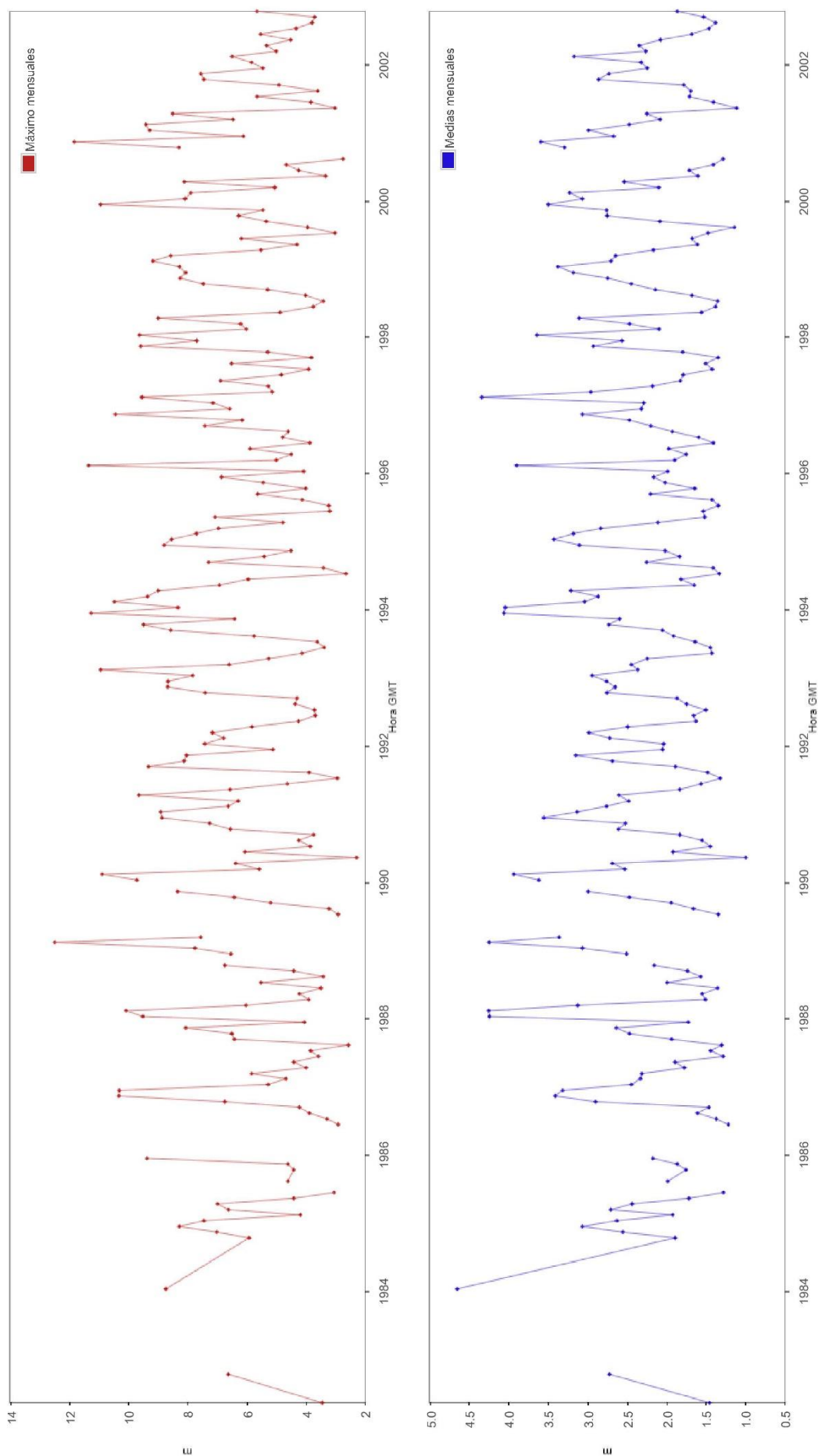


Ilustración 30 - Gráficas con las máximas alturas de ola máximas (arriba) y con las medias mensuales (abajo) entre 1981 y 2002

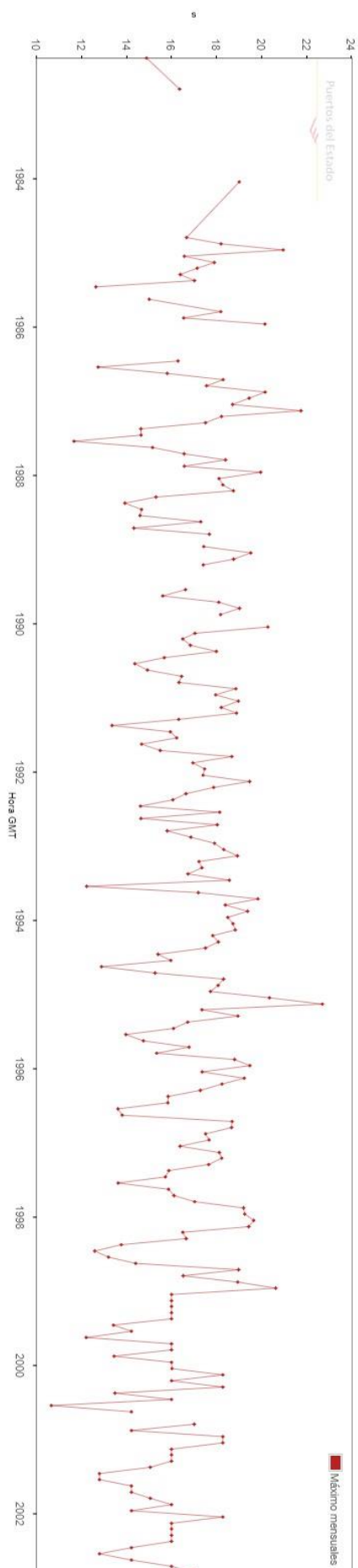
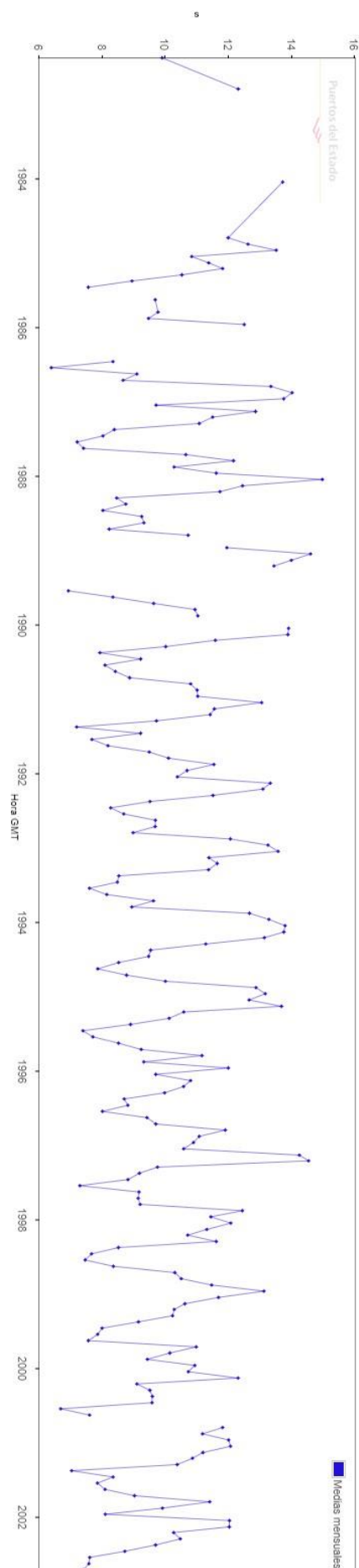


Ilustración 31 - Gráficas con los máximos períodos de pico (abajo) y con los medios mensuales (arriba) entre 1981 y 2002

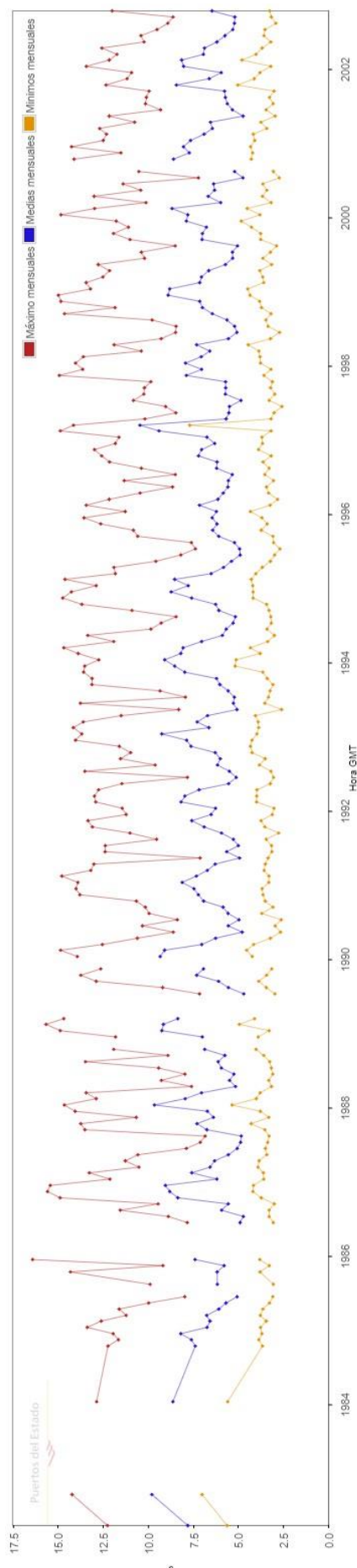


Ilustración 32 - Gráficas con los máximos períodos medios (rojo), con los medios (azul) y con los mínimos mensuales (amarillo) entre 1981 y 2002

Seguidamente se han incluido las gráficas con los datos horarios de la altura significativa del oleaje desde enero de 1981 hasta noviembre de 2002.



Ilustración 33 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 1981 y 1990



Ilustración 34 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 1991 y 2000

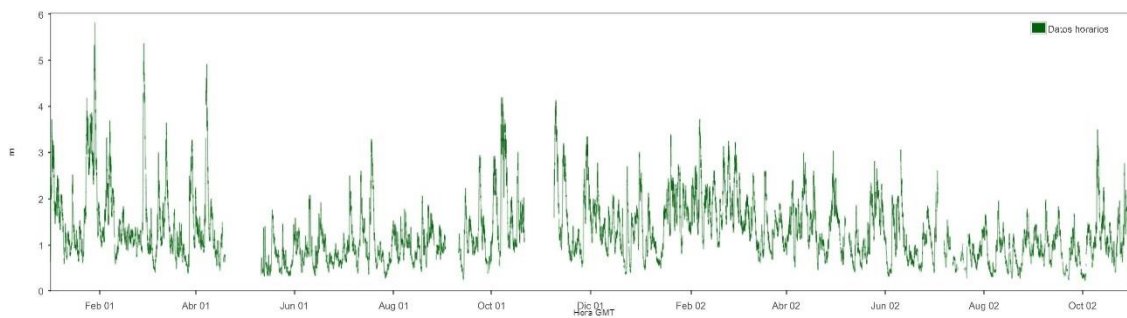


Ilustración 35 - Gráficas con los datos horarios de la altura de ola significativa entre 2001 y 2002